COMPTES RENDUS

HEBDOMADAIRES

DES SÉANCES

DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.

PARIS. — IMPRIMERIE GAUTHIER-VILLARS ET FILS, QUAI DES GRANDS-AUGUSTINS, 55.

COMPTES RENDUS

HEBDOMADAIRES

DES SÉANCES

DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES

H Jaubert

PUBLIÉS,

CONFORMÉMENT A UNE DÉCISION DE L'ACADÉMIE

34

En date du 13 Juillet 1835,

PAR MM. LES SECRÉTAIRES PERPÉTUELS.

TOME CENT-TREIZIÈME.

JUILLET — DÉCEMBRE 1891.

PARIS,

GAUTHIER-VILLARS ET FILS, IMPRIMEURS-LIBRAIRES

DES COMPTES RENDUS DES SÉANCES DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES,

Quai des Grands-Augustins, 55.

1891

COMPTES RENDUS

DES SÉANCES

DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 6 JUILLET 1891.

PRÉSIDENCE DE M. DUCHARTRE.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

MÉCANIQUE CÉLESTE. — *Sur l'inégalité lunaire à longue période due à l'action de Vénus, et dépendant de l'argument* $l + 16l' - 8l''$. Note de M. F. **Tisserand**.

« Cette inégalité très importante a été découverte par Hansen, et confirmée par les calculs de Delaunay (*Additions à la Connaissance des Temps*, pour 1862), qui, dans son Mémoire, a négligé les puissances de l'inclinaison de l'orbite de Vénus, supérieures à la seconde. Le but de la présente Note est de montrer que les termes qui contiennent en facteur la quatrième puissance de l'inclinaison peuvent avoir une influence sensible et diminuer le coefficient de l'inégalité en question du dixième de sa valeur, soit $1'',6$ environ.

» Soient

a, e, γ et l le demi grand axe, l'excentricité, le sinus de la demi-inclinaison et l'anomalie moyenne de la Lune;
a', e', γ' et l' les quantités analogues pour l'orbite de la Terre;
a'', e'', γ'' et l'' les quantités analogues pour l'orbite de Vénus;
m'', z'' et D'' la masse de Vénus, sa distance au plan de l'écliptique, et sa distance à la Terre.

» On peut supposer $\gamma' = 0$. Les calculs de Delaunay prouvent que l'influence de la variation des éléments de l'orbite lunaire, produites par l'action du Soleil, est très faible, et que la partie principale de l'inégalité est celle qui contient γ''^2 en facteur. On comprend dès lors qu'il y ait lieu de considérer les termes en γ''^4, d'autant plus que, dans le calcul de ces termes, il s'introduit des fonctions transcendantes du rapport $\frac{a''}{a'} = \alpha$, dont les valeurs numériques sont beaucoup plus grandes que celles des fonctions de α qui se présentent dans les termes en γ''^2. Si l'on se reporte à un Mémoire intéressant de M. Hill (*American Journal of Mathematics*, t. VI, p. 115; 1884), on voit que la fonction perturbatrice qu'il y a lieu de considérer est

$$(1) \qquad R = -m''a^2(1 - 6\gamma^2 + 6\gamma^4)\left(\frac{1}{D^3} - \frac{3z''^2}{D^5}\right)J_1\left(\frac{e}{2}\right)\cos l,$$

où J_1 représente l'une des transcendantes de Bessel. Delaunay a négligé les termes en γ^2 et γ^4, et, au lieu de

$$J_1\left(\frac{e}{2}\right) = \frac{e}{2}\left(1 - \frac{e^2}{8} + \ldots\right),$$

il a pris seulement $\frac{e}{2}$, ce qui donne

$$(2) \qquad R = -m''a^2\frac{e}{2}\left(\frac{1}{D^3} - \frac{3z''^2}{D^5}\right)\cos l.$$

» Je me propose de chercher dans R les termes ayant pour argument $l - 16l' + 18l''$, en supposant $e' = e'' = 0$, et tenant compte de γ''^4. On a, dans ces conditions,

$$D^2 = a'^2 + a''^2 - 2a'a''\cos(L' - L'') + 4\gamma''^2 a'a''\sin(L' - h'')(L'' - h''),$$
$$z'' = 2a''\gamma''\sqrt{1 - \gamma''^2}\sin(L'' - h''),$$

où l'on a représenté par $L' = l' + \varpi'$, $L'' = l'' + \varpi''$, et h'' les longitudes moyennes de la Terre et de Vénus et la longitude du nœud ascendant de Vénus. Si l'on pose

$$(3) \quad \Delta^2 = 1 + \frac{a''^2}{a'^2} - \frac{2a''}{a'}\cos(L' - L'') = 1 + \alpha^2 - 2\alpha\cos(L' - L'')$$

on trouve, en négligeant seulement γ''^6,

$$\begin{aligned}\frac{1}{D^3} - \frac{3z''^2}{D^5} = \frac{1}{a'^3}\Big[&\frac{1}{\Delta^3} - \frac{6\gamma''^2}{\Delta^5}\alpha\sin(L' - h'')\sin(L'' - h'') \\ &+ \frac{30\gamma''^4}{\Delta^7}\alpha^2\sin^2(L' - h'')\sin^2(L'' - h'')\Big] \\ &- 12\gamma''^2(1 - \gamma''^2)\frac{a^2}{a'^3}\sin^2(L'' - h'') \\ &\times\left[\frac{1}{\Delta^5} - \frac{10\gamma''^2}{\Delta^7}\alpha\sin(L' - h'')\sin(L'' - h'')\right].\end{aligned}$$

» Soit δR la partie de R qui contient γ''^4 en facteur; on aura

$$\begin{aligned}\delta R = -\tfrac{3}{2}m''\frac{a^2}{a'^3}\alpha^2\gamma''^4 e\cos l \\ \times\Big[\frac{10}{\Delta^7}\sin^2(L' - h'')\sin^2(L'' - h'') + \frac{4}{\Delta^5}\sin^2(L'' - h'') \\ + \frac{40\alpha}{\Delta^7}\sin(L' - h'')\sin^3(L'' - h'')\Big];\end{aligned}$$

d'où, en remplaçant les puissances des sinus par des sinus et cosinus des multiples des arcs et ne gardant que les termes susceptibles de contribuer à l'inégalité dont il s'agit,

$$(4)\quad \left\{\begin{aligned}\delta R = \tfrac{3}{2}m''\frac{a^2}{a'^3}\alpha^2\gamma''^4 e\cos l \\ \times\Big\{\frac{2}{\Delta^5}\cos(2L'' - 2h'') + \frac{5}{2\Delta^7}[\cos(2L' - 2h'') + \cos(2L'' - 2h'')] \\ + \frac{15\alpha}{\Delta^7}\cos(L' + L'' - 2h'') + \frac{5\alpha}{\Delta^7}\cos(L' - 3L'' + 2h'')\Big\}.\end{aligned}\right.$$

» On a d'ailleurs, en se reportant à la formule (3),

$$\frac{1}{\Delta^5} = \tfrac{1}{2}b_{\frac{5}{2}}^{(0)} + \sum_1^\infty b_{\frac{5}{2}}^{(i)}\cos(iL' - iL''),$$

$$\frac{1}{\Delta^7} = \tfrac{1}{2}b_{\frac{7}{2}}^{(0)} + \sum_1^\infty b_{\frac{7}{2}}^{(i)}\cos(iL' - iL'').$$

» Si l'on porte ces développements dans l'expression (4) de δR, et que

l'on cherche ensuite les termes en $\cos(16L' - 18L'' + 2h'')$, on trouve

$$\delta R = \tfrac{3}{2} m'' \frac{a^2}{a'^3} \alpha^2 \gamma''^4 e \cos l \cos(16L' - 18L'' + 2h'')$$
$$\times \left(b_{\frac{5}{2}}^{(16)} + \tfrac{5}{4} b_{\frac{7}{2}}^{(16)} + \tfrac{5}{4} b_{\frac{7}{2}}^{(18)} + \frac{15\alpha}{2} b_{\frac{7}{2}}^{(17)} + \frac{5\alpha}{2} b_{\frac{7}{2}}^{(15)} \right),$$

ou enfin

$$(5) \quad \delta R = \tfrac{3}{4} m'' \frac{a^2}{a'^3} \alpha^2 \gamma''^4 e K \cos(l + 16l' - 18l'' + 16\varpi' - 18\varpi'' + 2h''),$$

en faisant

$$(6) \qquad K = b_{\frac{5}{2}}^{(16)} + \frac{5\alpha}{2} b_{\frac{7}{2}}^{(15)} + \tfrac{5}{4} b_{\frac{7}{2}}^{(16)} + \frac{15\alpha}{2} b_{\frac{7}{2}}^{(17)} + \tfrac{5}{4} b_{\frac{7}{2}}^{(18)}.$$

» La portion R_0 de R, qui contient $\gamma''^2 e$ en facteur, est d'ailleurs

$$(7) \quad R_0 = -\tfrac{3}{4} m'' \frac{a^2}{a'^3} \alpha \gamma''^2 e K_0 \cos(l + 16l' - 18l'' + 16\varpi' - 18\varpi'' + 2h''),$$

avec

$$(8) \qquad K_0 = \alpha b_{\frac{5}{2}}^{(16)} + \tfrac{1}{2} b_{\frac{5}{2}}^{(17)}.$$

Soit E_0 le coefficient de l'inégalité qui correspond à R_0, $E = E_0(1 + \sigma)$ celui de l'inégalité qui correspond à R. On aura

$$(9) \qquad E = E_0(1 + \sigma), \qquad \sigma = -\alpha \gamma''^2 \frac{K}{K_0}.$$

» Il s'agit maintenant de calculer la valeur numérique de σ; nous prendrons avec Delaunay

$$b_{\frac{5}{2}}^{(16)} = 4,836, \qquad b_{\frac{5}{2}}^{(17)} = 3,762,$$
$$b_{\frac{7}{2}}^{(15)} = 124,329, \qquad b_{\frac{7}{2}}^{(16)} = 100,936,$$
$$b_{\frac{7}{2}}^{(17)} = 81,539, \qquad b_{\frac{7}{2}}^{(18)} = 65,569.$$
$$\alpha = 0,72333, \qquad \gamma'' = \sin 1^\circ 41' 45''.$$

Nous trouvons aisément, en ayant égard aux expressions (6), (8) et (9) de K et de K_0, et de σ,

$$K_0 = 5,379, \qquad K = 880,1 \qquad \sigma = -118,4\gamma''^2.$$

» On voit que le facteur de γ''^2 dans σ est relativement considérable; cela tient à ce que les valeurs des $b_{\frac{7}{2}}^{(i)}$ sont beaucoup plus grandes que celles des

$b_{\frac{5}{2}}^{(1)}$ correspondants. En remplaçant γ'' par sa valeur, on trouve $\sigma = -0,1036$. D'ailleurs, quand on ne considère, comme nous l'avons fait, que la portion de l'inégalité de la longitude qui contient $e\gamma''^2$, on a

$$E_0 = +15'',86;$$

il en résulte

$$\delta E_0 = E_0 \sigma = -1'',64.$$

» Enfin Delaunay a remplacé dans la formule (1) l'expression

$$1 - 6\gamma^2 + 6\gamma^4$$

par 1; il faut donc diminuer E_0 encore de

$$-6\gamma^2(1-\gamma^2)E_0 = -0'',19.$$

» Le coefficient calculé par Delaunay devrait donc être diminué de 1'',83, ce qui est très sensible. Mais notre calcul est incomplet; il pourrait se faire que quelques-uns des termes du cinquième degré, non considérés, diminuent ou augmentent un peu la correction trouvée ci-dessus; enfin, pour être entièrement rigoureux, il faudrait examiner l'influence des perturbations du Soleil sur les éléments de la Lune. J'ai eu surtout en vue de prouver qu'il était nécessaire de tenir compte de γ''^4. »

HYDRODYNAMIQUE. — *Sur la manière dont les vitesses, dans un tube cylindrique de section circulaire, évasé à son entrée, se distribuent depuis cette entrée jusqu'aux endroits où se trouve établi un régime uniforme.* Note de M. J. **Boussinesq.**

« I. Dans un tube rectiligne à entrée bien évasée, où l'on peut supposer produit à très peu près le parallélisme des filets liquides dès la première section de la partie cylindrique, les vitesses u du fluide, toutes sensiblement pareilles entre elles, ou égales à leur moyenne U, sur cette première section, tendent rapidement, dès qu'on s'en éloigne d'amont en aval, vers les inégalités qu'elles présentent aux endroits où le régime est uniforme et où le rapport $\frac{u}{U}$ est la fonction $\varphi = 2\left(1 - \frac{r^2}{R^2}\right) = 2(1 - \tau)$, r désignant, dans l'hypothèse d'une forme circulaire, la distance à l'axe, et τ le carré du rapport de cette distance au rayon R du tube. Personne encore, à ma connaissance, n'a cherché comment se fait le passage du premier mode de distri-

bution des vitesses au dernier, ou quelle est la fonction ϖ de τ et de l'abscisse x qu'il faut ajouter à φ, pour que la somme $\varphi + \varpi$ exprime le rapport $\frac{u}{U}$ depuis l'abscisse $x = 0$, définissant l'entrée du tube, et où l'on a sensiblement $\varphi + \varpi = 1$, $\varpi = 2\tau - 1$, jusqu'aux abscisses $x = \infty$ propres aux régions où $\varpi = 0$ et où le régime uniforme se trouve asymptotiquement établi.

» La présente Note constitue une première tentative pour évaluer cette fonction ϖ de x et de τ, du moins aux distances x, déjà un peu notables, où sa petitesse par rapport à φ permet de réduire la relation indéfinie qui la régit, savoir, la première formule (9) de ma Note du 9 juin 1890 (*Comptes rendus,* t. CX, p. 1163), à une simple équation linéaire. Celle-ci ([1]), qui porte le n° 24 dans une Note suivante (du 16 juin, même tome, p. 1242), devient presque immédiatement, en la divisant par $8r$ et y introduisant la nouvelle variable τ au lieu de r,

$$(1) \qquad \frac{\rho U R^2}{2\varepsilon} \frac{1-\tau}{\tau} \frac{d}{dx}\left(\tau \frac{d\varpi}{d\tau}\right) = \frac{d^2}{d\tau^2}\left(\tau \frac{d\varpi}{d\tau}\right),$$

équation analogue, si l'on y regarde provisoirement $\tau \frac{d\varpi}{d\tau}$ comme la fonction inconnue, τ comme une abscisse et x comme le temps, à celle du mouvement de la chaleur le long d'une barre prismatique de conductibilité constante, mais dont la capacité calorifique serait, entre ses deux extrémités $\tau = 0$, $\tau = 1$, la fonction de τ qu'exprime le coefficient du premier terme.

» Il s'y joint, pour toute valeur positive de x, aux deux limites respectives $\tau = 0$, $\tau = 1$, les relations spéciales

$$(2) \quad \tau \frac{d\varpi}{d\tau} = 0 \quad (\text{pour } \tau = 0), \qquad \int_0^\tau \left(\tau \frac{d\varpi}{d\tau}\right) d\tau = \varpi\tau - \int_0^\tau \varpi \, d\tau = 0 \quad (\text{pour } \tau = 1),$$

dont la première, revenant à annuler $r \frac{d\varpi}{dr}$ sur l'axe $r = 0$, est évidente à cause de la continuité de ϖ dans tout l'intérieur du tube, tandis que la seconde résulte, à la fois, de l'annulation de τ sur l'axe, de celle de u et, par suite, de ϖ, à la paroi $\tau = 1$, enfin, de l'égalité à zéro de la valeur

---

([1]) Elle peut remplacer complètement l'équation indéfinie citée (9), quoiqu'on l'en ait déduite par une différentiation en r ; car l'équation indéfinie (9) s'en déduirait à son tour, ses deux membres se trouvant astreints à être de valeur moyenne nulle dans toute l'étendue de chaque section σ.

moyenne de ϖ dans chaque section σ. La même fonction inconnue provisoire ayant, d'ailleurs, ses valeurs *initiales*, ou relatives à $x = 0$, directement données, et ses valeurs *finales*, relatives à $x = \infty$, nulles, l'intégrale générale se composera naturellement, comme dans le problème analogue sur le mouvement de la chaleur le long d'une barre, de solutions simples de la forme

$$(3) \qquad \mathfrak{r}\frac{d\varpi}{d\mathfrak{r}} = ce^{-\frac{2\varepsilon m x}{\rho U R^2}}\Psi(\mathfrak{r}), \qquad \text{avec} \qquad m > 0;$$

et l'on aura, pour déterminer $\Psi(\mathfrak{r})$, l'équation différentielle du second ordre, transformée de (1),

$$(4) \qquad \mathfrak{r}\Psi'' + m(1-\mathfrak{r})\Psi = 0,$$

qu'il faudra intégrer en s'imposant la relation $\Psi(0) = 0$, transformée elle-même de la première (2). On pourra y joindre la condition $\Psi'(0) = 1$, pour achever de déterminer $\Psi(\mathfrak{r})$, qui ne l'est sans cela qu'à un facteur constant près, déjà contenu implicitement dans c. Enfin, la dernière relation (2), devenue $\int_0^1 \Psi(\mathfrak{r})\,d\mathfrak{r} = 0$, sera l'équation transcendante en m, dont les racines réelles positives, m_1, m_2, m_3, ..., caractériseront les diverses solutions simples.

» II. Intégrée en série, suivant les puissances entières et ascendantes de $\mathfrak{r}$, sous les deux conditions $\Psi(0) = 0$, $\Psi'(0) = 1$, l'équation (4) donne

$$(5) \quad \Psi(\mathfrak{r}) = \mathfrak{r} - A\mathfrak{r}^2 + B\mathfrak{r}^3 - C\mathfrak{r}^4 + D\mathfrak{r}^5 - E\mathfrak{r}^6 + F\mathfrak{r}^7 - G\mathfrak{r}^8 + H\mathfrak{r}^9 - \ldots,$$

où chacune des constantes A, B, ..., est rattachée aux deux coefficients qui la précèdent et, finalement, aux deux premiers 0, 1, par les formules respectives

$$(6) \quad \begin{cases} A = \dfrac{m}{1.2} = \dfrac{m}{2}, & B = \dfrac{m}{2.3}(A+1) = \dfrac{m}{6}\left(1+\dfrac{m}{2}\right), \\ C = \dfrac{m}{3.4}(B+A) = \dfrac{m^2}{18}\left(1+\dfrac{m}{8}\right), & D = \dfrac{m}{4.5}(C+B) = \dfrac{m^2}{120}\left(1+\dfrac{5}{6}m+\dfrac{m^2}{24}\right), \\ E = \dfrac{m}{5.6}(D+C) = \dfrac{23\,m^3}{360.30}\left(1+\dfrac{5}{23}m+\dfrac{m^2}{184}\right), & F = \dfrac{m}{6.7}(E+D) = \dfrac{m^3}{360.14}\left(1+\dfrac{49}{45}m+\dfrac{7}{72}m^2+\dfrac{m^3}{720}\right), \\ G = \dfrac{m}{7.8}(F+E) = \dfrac{11\,m^4}{360.49.15}(1+\ldots), & H = \dfrac{m}{8.9}(G+F) = \dfrac{m^4}{360.1008}(1+\ldots), \quad \text{etc.} \end{cases}$$

» D'ailleurs l'équation en m, qu'on peut écrire

$$0 = 2\int_0^1 \Psi(\iota)\,d\iota = 1 - \frac{2A}{3} + \frac{B}{2} - \frac{2C}{5} + \frac{D}{3} - \frac{2E}{7} + \frac{F}{4} - \frac{2G}{9} + \frac{H}{5} - \ldots,$$

devient, après substitution des valeurs de A, B, ... et réduction,

$$(7) \qquad 1 - \frac{m}{4} + \frac{m^2}{45} - \frac{103\,m^3}{360.280} + \frac{1097\,m^4}{360^2.49.6} - \ldots = 0.$$

Quand sa résolution aura fait connaître chaque valeur de m, les expressions (6) et (5) de A, B, .., $\Psi(\iota)$, que nous affecterons de l'indice, 1, ou 2, ou 3, ..., caractérisant déjà la racine correspondante m, seront complètement déterminées; après quoi, si l'on pose

$$(8) \quad \psi \text{ ou } \psi(\iota) = \int_\iota^1 \Psi(\iota)\frac{d\iota}{\iota} = \left(1 - \frac{A}{2} + \frac{B}{3} - \frac{C}{4} + \ldots\right) - \iota + \frac{A}{2}\iota^2 - \frac{B}{3}\iota^3 + \frac{C}{4}\iota^4 - \ldots.$$

la relation (3), multipliée par $\frac{d\iota}{\iota}$, et intégrée de $\iota = \iota$ à $\iota = 1$ en observant que ϖ s'annule à cette seconde limite, donnera pour ϖ la solution simple, élément de l'intégrale générale cherchée,

$$(9) \qquad \varpi = -ce^{-\frac{2\varepsilon m x}{\rho U R^2}}\psi(\iota).$$

» Les diverses valeurs de c, c'est-à-dire les constantes arbitraires c_1, c_2, ..., c_n de la solution plus générale obtenue en superposant les intégrales simples $\varpi_1, \varpi_2, \ldots$ qu'on aura ainsi calculées, jusqu'à la $n^{\text{ième}}$ par exemple, parmi l'infinité de celles qui existent, devront être choisies de manière à vérifier le mieux possible l'unique condition restant à satisfaire, celle d'après laquelle ϖ devient, pour $x = 0$, une fonction ϖ_0 donnée, identique à $2\iota - 1$ depuis $\iota = 0$ jusque auprès de $\iota = 1$, puis rapidement décroissante, et enfin nulle à la limite $\iota = 1$. On sait qu'il faudra, dans ce but, rendre minimum le carré moyen

$$\int_0^1 (c_1\psi_1 + c_2\psi_2 + \ldots + c_n\psi_n + \varpi_0)^2\,d\iota$$

de l'erreur $\varpi_0 - \varpi$ ou $\varpi_0 + c_1\psi_2 + c_2\psi_2 + \ldots$, entre les deux limites $\iota = 0$, $\iota = 1$, et annuler, par conséquent, les dérivées premières de ce carré par rapport aux arbitraires $c_1, c_2, \ldots, c_n$. Il viendra ainsi, pour déterminer

$c_1, c_2, \ldots, c_n$, le système du premier degré

$$(10)\quad c_1\int_0^1 \psi_1^2 d\tau + c_2\int_0^1 \psi_1\psi_2 d\tau + \ldots = -\int_0^1 \psi_1\varpi_0 d\tau,\quad c_1\int_0^1 \psi_2\psi_1 d\tau + c_2\int_0^1 \psi_2^2 d\tau + \ldots = -\int_0^1 \psi_2\varpi_0 d\tau,\ \text{etc.}$$

» III. Le premier membre de (7), que j'appellerai $f(m)$, est positif de $m = 0$ à $m = 8$ environ. Mais, pour $m = 8$, il devient

$$1 - 2 + 1,4222 - 0,5232 + 0,1179 - \ldots = 0,0169 - \ldots.$$

Or cette quantité est sensiblement nulle : car les valeurs absolues des trois derniers termes écrits montrent que l'avant-dernier est un peu plus que le $\frac{1}{3}$ du précédent et, le dernier, 0,1179, à peu près moyen entre $\frac{1}{4}$ et $\frac{1}{5}$ de l'avant-dernier; d'où l'on peut induire que le premier terme non écrit serait entre le $\frac{1}{6}$ et le $\frac{1}{7}$ de 0,1179, soit à peu près 0,018, et qu'on aurait $f(8) = 0,0169 - 0,018 + \ldots = -0,001 + \ldots$, quantité négligeable. Comme on trouve, au contraire, en procédant de même pour $f(7)$ et $f(9)$, 0,005 et $-0,004$ environ, il y a lieu de poser $m_1 = 8$, sauf à vérifier bientôt directement si l'expression (9) de ϖ correspondante donnera bien $\int_0^1 \psi\, d\tau = 0$, condition dont l'équation même (7) n'est, en vertu de la seconde (2), qu'une transformée.

» On voit d'ailleurs que les séries (7), (8), réduites à leurs termes évaluables par les formules (6) explicitement écrites, ne seraient plus assez convergentes pour les calculs numériques, au delà de $m = 8$. Ainsi, nous devrons nous borner à la première des solutions simples (9), la plus importante, il est vrai, ou constituant le terme en quelque sorte *fondamental* de ϖ, le seul notable aux distances sensibles x de l'entrée. On peut donc admettre que ce terme, même isolé, nous donnera tout au moins une idée de la grandeur et de l'influence de la fonction ϖ.

» Or, grâce aux expressions (6) de A, B, C, ..., où l'on fera $m = 8$, la formule (8) deviendra

$$(11)\quad \psi_1(\tau) = 0,160 - \tau + 2\tau^2 - 2,222\tau^3 + 1,778\tau^4 - 1,102\tau^5 + 0,561\tau^6 - 0,242\tau^7 + \ldots\ (^1).$$

» Son exactitude suffisante se trouve très bien confirmée par l'annula-

---

(1) Son terme constant 0,160, somme de la série

$$1 - 2 + 2,222 - 1,778 + 1,102 - 0,561 + 0,242 - \ldots = 0,227 - \ldots,$$

a été calculé en observant que, dans cette série, le décroissement des termes (pris en

tion prévue de l'intégrale

$$(12) \int_0^1 \psi_1(\tau)\,d\tau = 0{,}160 - 0{,}5 + 0{,}667 - 0{,}556 + 0{,}356 - 0{,}184 + 0{,}080 - 0{,}030 + \ldots$$

» En faisant, à partir de zéro, croître τ de dixième en dixième jusqu'à 1, il vient les valeurs suivantes de $\psi_1(\tau)$, de son carré $\psi_1(\tau)^2$ et du produit $2\tau\psi_1$:

Pour $\tau =$	0.	0,1.	0,2.	0,3	0,4.	0,5.	0,6.	0,7.	0,8.	0,9.	1.
$\psi_1 =$	0,160	0,078	0,025	—0,009	—0,025	—0,034	—0,036	—0,030	—0,023	—0,012	0,000
$\psi_1^2 =$	0,0256	0,0061	0,0006	0,0001	0,0006	0,0012	0,0013	0,0009	0,0005	0,0001	0
$2\tau\psi_1 =$	0	0,016	0,010	—0,005	—0,020	—0,034	—0,043	—0,042	—0,037	—0,022	0

» La fonction $\psi_1(\tau)$ a donc sa plus forte valeur absolue 0,16 au centre des sections, où elle est positive; elle décroît quand grandit la distance à l'axe, s'annule pour $\tau = 0{,}27$ environ (à la distance $r = R\sqrt{0{,}27} = 0{,}52R$ de l'axe), puis devient négative, atteint son minimum, $-0{,}036$ à fort peu près, pour τ un peu inférieur à 0,6 (ou pour $r = \frac{3}{4}R$ environ), et s'approche ensuite de sa valeur finale zéro, relative à la paroi, où $\tau = 1$.

» Le coefficient c_1 égalera, d'après le système (10) réduit à une seule

---

valeur absolue) commence à partir du troisième, et qu'il doit déjà être devenu assez graduel, dès l'avant-dernier écrit, pour que les rapports successifs des divers termes, comparés chacun au précédent, aient de l'un à l'autre une différence presque constante, mais qui tend cependant à s'atténuer. Donc, le sixième terme, 0,561, étant les 0,51 du cinquième, 1,102, et, le septième, 0,242, les 0,43 du sixième 0,561, ou 0,08 de moins que les 0,51, on peut augurer que les huitième, neuvième, dixième et onzième termes seraient à peu près, respectivement, les 0,43 — 0,08 (ou les 0,35) de 0,242, c'est-à-dire 0,085, les 0,35 — 0,08 (ou les 0,27) de 0,085, c'est-à-dire 0,023, les 0,27 — 0,08 (ou les 0,19) de 0,023, c'est-à-dire 0,004, et les 0,19 — 0,08 (ou les 0,11) de 0,004, c'est-à-dire 0,000, ou, plutôt, qu'ils seraient légèrement supérieurs à ces nombres. On aura donc environ, pour la valeur de la série, $0{,}227 - 0{,}086 + 0{,}024 - 0{,}005 = 0{,}160$, avec une approximation d'ailleurs plus grande, probablement, sur la somme algébrique des termes que sur chacun des derniers, à cause des destructions mutuelles d'erreurs qu'y opère l'alternance des signes.

J'ai cru pouvoir, à raison de la manière *uniforme* dont les relations (6) relient les unes aux autres les valeurs absolues des termes successifs de nos séries, compléter par la même méthode d'extrapolation les sommes de plusieurs de ces séries considérées ci-après [savoir (12), (13), les quatre ou cinq derniers nombres de la deuxième colonne du Tableau qui suit (12) et les cinq ou six derniers du premier Tableau du n° V], analogues à la précédente pour la nature et pour le degré de convergence.

équation, le quotient, par $\int_0^1 \psi_1^2\, d\mathfrak{r}$, de

$$\int_0^1 (-\varpi_0)\psi_1\, d\mathfrak{r} = \int_0^1 (1-2\mathfrak{r})\psi_1\, d\mathfrak{r} = \int_0^1 \psi_1\, d\mathfrak{r} - 2\int_0^1 \mathfrak{r}\psi_1\, d\mathfrak{r} = -2\int_0^1 \mathfrak{r}\psi_1\, d\mathfrak{r}.$$

Or cette dernière intégrale est, d'après (11),

$$(13)\qquad -0,160+\frac{2}{3}-1+\frac{4,444}{5}-\frac{1,778}{3}+\frac{2,204}{7}-\frac{0,561}{4}+\frac{0,484}{9}-\ldots=0,018,$$

valeur que fournit aussi le procédé de Thomas Simpson appliqué au moyen des nombres de la dernière colonne du Tableau ci-dessus. Ce procédé de quadrature donnant d'ailleurs, grâce à la colonne précédente du même Tableau, $\int_0^1 \psi_1^2\, d\mathfrak{r} = 0,0022$, il vient $c_1 = 8,2$; et l'on a l'expression approximative cherchée de ϖ,

$$(14)\qquad \varpi = -8,2\, e^{-\frac{16\varepsilon x}{\rho U R^2}}\psi_1(\mathfrak{r}) = -8,2\, e^{-\frac{16\varepsilon x}{\rho U R^2}}\psi_1\left(\frac{r^2}{R^2}\right). \text{ »}$$

PHYSIOLOGIE. — *Le vol des insectes étudié par la Photochronographie.* Note de M. **Marey**.

« Il y a vingt-cinq ans environ que j'ai exposé devant l'Académie le résultat de mes premières expériences sur le vol des insectes. Je montrais alors comment l'inscription mécanique des mouvements du vol permet de compter les battements des ailes, de déterminer le sens de leur mouvement, les inflexions de leur surface, etc., et j'arrivais à cette conclusion : que l'aile de l'insecte, rencontrant obliquement la résistance de l'air dans ses mouvements de va-et-vient, agit par un mécanisme analogue à celui de la godille d'un bateau. Enfin, pour justifier cette théorie, je montrais de petits appareils se déplaçant dans l'air par la simple oscillation d'ailes formées, d'une nervure rigide, prolongée en arrière par un voile membraneux.

» Mais, si la théorie du vol de l'insecte pouvait dès lors être considérée comme établie dans ses caractères généraux, bien des particularités restaient encore à étudier. Ainsi, pour n'en citer que quelques-unes, le rôle des élytres dans le vol des coléoptères, celui des balanciers chez les di-

ptères, les positions que prennent les quatre ailes dans le vol des autres insectes.

» L'appareil que j'ai eu l'honneur de présenter à l'Académie le 3 novembre dernier sous le nom de *photochronographe,* et qui saisit avec tant de facilité les phases des mouvements de l'homme et des animaux, devait se prêter également à l'analyse du vol des insectes. On devait toutefois prévoir que, en raison de l'extrême rapidité des mouvements des ailes, il faudrait diminuer encore la durée des éclairements et, comme conséquence de cette courte durée, soumettre l'animal en expérience à une lumière très concentrée.

» Ces conditions spéciales devaient être obtenues sans recourir à un instrument nouveau, mais en adaptant simplement au photochronographe quelques pièces accessoires.

» La présente Note a pour effet d'indiquer les dispositions qui m'ont permis de réduire les temps de pose à *un vingt-cinq millième* de seconde, et d'obtenir ainsi des images assez nettes d'insectes au vol.



» La figure ci-dessus montre deux tipules, dont l'une est immobile et posée contre une vitre, pendant que l'autre vole au-dessous d'elle, en agitant ses pattes de diverses manières et en donnant à son corps des inclinaisons variées. La justification de la page n'a permis de représenter ici que trois images successives; mais, en réalité, le photochronographe donne une longue série de ces images échelonnées sur la bande de pellicule sen-

sible. La longueur des bandes que livre le commerce varie de $1^m,25$ à $4^m,40$. Avec ces dernières, on aurait une centaine d'images du format de celles qui sont représentées ci-contre.

» J'ai l'honneur de présenter à l'Académie quelques positives sur papier albuminé, tirées d'après les clichés originaux. Malgré la perfection de l'héliogravure exécutée par M. Ch. Petit, les figures originales feront voir mieux encore la netteté des images photochronographiques.

» Les conditions à réaliser dans ces expériences peuvent se résumer ainsi :

» 1° En raison de leur petite taille, les insectes devaient être étudiés de très près afin que leurs images ne fussent pas trop réduites.

» 2° L'extrême vitesse des mouvements de l'aile commandait une très grande brièveté du temps de pose.

» 3° Cette brièveté de l'éclairement exigeait, pour impressionner la plaque sensible, l'emploi d'une lumière très concentrée.

» 4° Les animaux devaient être maintenus pendant leur vol à une distance constante de l'objectif, afin que leur image se trouvât exactement au foyer et, pour plus de sûreté, il fallait donner à celui-ci le plus possible de profondeur.

» Voici comment ces différentes conditions ont été remplies :

» Pour opérer à courte distance et pour avoir des images de grandeur naturelle, on règle le tirage du soufflet de l'appareil de telle sorte que l'objet et la surface sensible occupent respectivement les deux foyers conjugués de l'objectif.

» Pour raccourcir les temps de pose, on a rétréci de la façon suivante les ouvertures des disques obturateurs qui laissent passer la lumière. Le diamètre de ces ouvertures, ainsi que la vitesse de rotation des disques, avaient été réglées pour l'analyse des mouvements de l'homme et des animaux : avec des fenêtres de 2^{cm} de largeur, on avait des temps de pose de $\frac{1}{2000}$ de seconde. J'ai muni ces fenêtres de petits rideaux d'acier mince percées chacun d'une fente étroite dirigée suivant le rayon des disques. Ces fenêtres n'ayant pas plus de $1^{mm},5$ de largeur et la vitesse de rotation des disques étant conservée, il s'ensuit que la durée de l'éclairement produit par la rencontre de deux fentes n'excède pas $\frac{1}{25000}$ de seconde.

» Pour éclairer vivement le champ sur lequel se détachent les insectes, je me sers d'un condensateur, c'est-à-dire d'une lentille convergente qui, recevant d'un héliostat un faisceau de rayons parallèles, les fait converger à l'intérieur de l'objectif photographique. Or, en ce point se trouvent pré-

cisément les disques obturateurs dont les fentes, au moment de leurs rencontres, laissent passer presque entièrement le faisceau lumineux; celui-ci, après son passage, se disperse de nouveau et va illuminer toute la surface sensible sur laquelle se forme l'image.

» La lentille condensante doit avoir une longueur focale au moins double de celle de l'objectif; on la place en avant du point où se trouve l'insecte.

» Une planche à rainure fixée sur le photochronographe sert de banc d'optique pour porter la lentille condensante et en régler la position.

» Les moyens de contention de l'animal varient suivant le but qu'on se propose. Parfois on saisit l'insecte par une patte ou par l'extrémité de l'abdomen, au moyen d'une pince qu'on fixe sur la planchette à rainure à la distance voulue. Mais certains insectes seulement se prêtent à ce mode de contention, qui a l'avantage de permettre d'orienter l'animal de toutes sortes de manières. Le vol captif qui s'observe alors donne lieu à des mouvements d'une amplitude et d'une rapidité excessives.

» Pour étudier le vol normal, on fixe au banc d'optique une boîte fermée en avant par une glace. Introduit dans cette boîte, l'insecte va aussitôt voler contre la vitre qui a été mise préalablement au foyer de l'objectif. Du reste, on surveille la manière dont l'insecte vole, et, au moment voulu, on presse sur le bouton qui met en marche la pellicule sensible.

» Une grande profondeur de foyer est nécessaire, avons-nous dit, pour que les différentes parties de l'animal soient nettement visibles dans l'image. Or il arrive précisément que l'extrême étroitesse des fentes par lesquelles doit passer la lumière au centre de l'objectif constitue un excellent diaphragme qui donne au foyer plus de deux centimètres de profondeur.

» Cette disposition s'applique à tous les animaux de petite taille, dont les mouvements doivent être étudiés de très près dans la lumière concentrée. Elle ne donne, il est vrai, qu'une silhouette, mais avec ses détails les plus fins, tels que les poils dont sont couvertes les différentes parties du corps. Toutefois, pour peu que l'animal ait quelque transparence, on saisit tous les détails de sa structure et même certains mouvements des organes intérieurs.

» Dans de prochaines Communications j'indiquerai les dispositions qui permettent, avec un autre éclairage, d'obtenir des images par réflexion. J'exposerai également la manière d'analyser par la Photochronographie les mouvements d'animaux microscopiques. »

CHIMIE. — *Étude du tétraiodure de carbone ; par M.* Henri Moissan.

« Dans un travail précédent, nous avons indiqué la préparation et les propriétés du triiodure de bore (1). Nous avons démontré que ce nouveau composé possédait une activité chimique très grande : c'est un réducteur énergique qui fournit facilement un grand nombre de réactions nouvelles.

» Nous citerons les suivantes :

» 1° Lorsque l'on projette de l'iodure de bore dans le chloroforme sec et froid, l'iodure se dissout et la masse ne tarde pas à se prendre en gelée. Après plusieurs jours, cette gelée disparaît et le fond du vase se remplit d'une belle cristallisation d'iodoforme, tandis que des vapeurs de chlorure de bore se dégagent d'une façon continue :

$$C^2HCl^3 + BoI^3 = C^2HI^3 + BoCl^3.$$

» Le chloroforme est donc transformé en iodoforme à froid sous l'action de l'iodure de bore.

» 2° Ainsi que je l'indiquais, dans la Note citée plus haut, le phosphore réagit rapidement sur l'iodure de bore. Si l'on prépare une solution d'iodure de bore dans le sulfure de carbone pur et sec, et qu'on l'additionne de phosphore ordinaire bien privé d'eau, il se produit de suite et à froid une décomposition, et l'on voit tomber au fond du tube une poudre de couleur rougeâtre, assez dense, que l'on peut séparer à la trompe et laver au sulfure de carbone.

» Le produit ainsi obtenu, séché rapidement, est ensuite chauffé dans le vide : on en dégage une petite quantité de phosphore et d'iodure de phosphonium. Le résidu est une poudre blanche contenant du phosphore et du bore.

» Ce phosphure de bore, chauffé au rouge, est inattaquable par l'acide azotique monohydraté, décomposable par la vapeur d'eau en hydrogène phosphoré et acide borique et se rapproche par ses propriétés de l'azoture de bore de Deville et Wöhler. Nous en continuons l'étude.

» 3° Si l'on fait réagir le triiodure de bore sur le tétrachlorure de carbone, on obtient facilement, par double décomposition, du tétraiodure de

(1) *Préparation et propriétés de l'iodure de bore* (*Comptes rendus*, t. CXII, p. 717).

bore et du tétraiodure de carbone. Cette réaction se fait à froid; chaque goutte de chlorure de carbone qui tombe sur l'iodure de bore produit un grand dégagement de chaleur :

$$BoI^3 + C^2Cl^4 = C^2I^4 + BoCl^3.$$

» Nous exposerons avec quelques détails cette dernière réaction.

» Le tétraiodure de carbone n'a été obtenu jusqu'ici que par Gustavson, qui l'a préparé en faisant réagir le tétrachlorure de carbone sur l'iodure d'aluminium en solution sulfocarbonique [1]. La préparation de Gustavson, que j'ai eu l'occasion de répéter à propos de mes recherches sur les fluorures de carbone, est longue et délicate. On n'arrive que très difficilement, par ce procédé, à obtenir l'iodure de carbone avec sa belle couleur rouge, tel que l'a parfaitement décrit ce savant.

» Pour préparer ce composé, nous chauffons en tube scellé des cristaux d'iodure de bore en présence d'un excès de tétrachlorure de carbone pur et sec. Il faut avoir soin d'employer, dans cette préparation, du chlorure de carbone bien exempt de chloroforme. Les tubes scellés sont maintenus une heure à la température de 80° à 90° dans un bain-marie et, le lendemain matin, les tubes contiennent l'iodure de carbone très bien cristallisé. Le rendement est théorique et présente la netteté des réactions de Chimie minérale.

» Les tubes sont ouverts; les cristaux, essorés sur du papier, sont placés dans le vide, lavés ensuite avec une solution de bisulfite de sodium pour enlever les dernières traces d'iode, enfin séchés complètement dans le vide sec.

» Le tétraiodure de carbone ainsi préparé se présente en cristaux de plusieurs millimètres d'une belle couleur rouge.

» Nous ne reviendrons pas dans ce travail sur les propriétés du tétraiodure de carbone, déjà indiquées par Gustavson. Nous décrirons seulement les réactions nouvelles obtenues avec ce composé.

» Le tétraiodure de carbone bien sec, chauffé dans le vide, à une température comprise entre 90° et 100°, se sublime très lentement en beaux cristaux rouges ayant l'éclat et la transparence des rubis de synthèse préparés par MM. Fremy et Verneuil. Sublimé dans les mêmes conditions en présence d'argent en poudre, la couleur des cristaux reste identique.

---

[1] Gustavson, *Sur le tétraiodure de carbone* (*Comptes rendus*, t. LXXVIII, p. 1126; 1874).

» L'iodure de carbone chauffé dans un courant d'hydrogène à la température de 140° se transforme en iodoforme et acide iodhydrique

$$C^2I^4 + H^2 = C^2HI^3 + HI.$$

» Aussitôt que les cristaux d'iodure de carbone sont au contact du chlore sec, la masse se liquéfie, s'échauffe sans incandescence, et il se produit du chlorure d'iode liquide ICl, qui se transforme peu à peu en trichlorure ICl^3 volatil, en même temps qu'il se forme du tétrachlorure de carbone

$$C^2I^4 + 8Cl = 4ICl + C^2Cl^4.$$

» Chauffé avec précaution dans l'oxygène sec, il se décompose d'abord en iode et carbone. Si la température s'élève légèrement, le charbon brûle ensuite en fournissant de l'acide carbonique.

» Avec le soufre en fusion, réaction violente : il se forme des vapeurs d'iode, des composés d'iode et de soufre, et le carbone est mis en liberté. Si, au contraire, on chauffe vers 50° un mélange de soufre pulvérisé et d'iodure de carbone, il se fait de l'iodure de soufre et du sulfure de carbone.

» Le phosphore réagit avec énergie sur l'iodure de carbone et produit des composés dont nous poursuivons l'étude.

» Le sodium et le potassium, broyés avec l'iodure de carbone, réagissent avec incandescence. Il se produit un iodure alcalin et du charbon. Le mercure et l'argent en poudre attaquent lentement l'iodure de carbone à la température ordinaire. Avec le mercure à 100°, la réaction est beaucoup plus énergique.

» L'iodure de carbone cristallisé, chauffé avec de l'eau à 50°, en tube scellé dans le vide, se dédouble lentement en donnant une petite quantité de vapeurs d'iode, sans produire d'iodoforme. La solution ainsi obtenue ne possède pas de propriétés réductrices.

» Lorsque le tétrachlorure de carbone employé dans la préparation de l'iodure renferme du chloroforme, ce qui arrive très souvent, il se fait, en même temps que de l'iodure de carbone, une quantité plus ou moins grande d'iodoforme, en vertu de la réaction que nous avons indiquée au début de ce Mémoire. On peut le démontrer en chauffant cet iodure de carbone impur avec une grande quantité d'eau distillée. La vapeur d'eau entraîne l'iodoforme; en laissant refroidir, en décantant et en répétant plusieurs fois cette purification, on obtient un iodure rouge qui sèche len-

tement à l'air et qui ne possède plus l'odeur caractéristique de l'iodoforme.

» Les gaz acide chlorhydrique et acide iodhydrique ne réagissent pas à froid sur l'iodure de carbone. A chaud, il y a décomposition de l'iodure et formation de vapeurs d'iode et d'iodoforme.

» Une solution concentrée d'acide chromique attaque l'iodure de carbone à froid et le transforme en acide carbonique et vapeurs d'iode.

» Le fluorure d'argent réagit vers 50° sur une solution d'iodure de carbone, dans le tétrachlorure de carbone, en fournissant un dégagement régulier de gaz tétrafluorure de carbone

$$C^2I^4 + 4\,AgFl = C^2Fl^4 + 4\,AgI.$$

» Cette double décomposition permet de préparer avec beaucoup de facilité le gaz tétrafluorure de carbone que j'ai étudié précédemment.

» Enfin les dosages du carbone et de l'iode dans les cristaux rouges, dont nous venons d'étudier les propriétés, ont conduit à la formule C^2I^4. »

CHIMIE ORGANIQUE. — *Combinaisons des camphres avec les aldéhydes. Sur un nouveau mode de formation des alcoylcamphres.* Note de M. A. **Haller**.

« Dans une Conférence faite à la Société chimique, le 2 juin 1887, j'ai attribué au camphre sodé la constitution représentée par la formule $C^8H^{14}\left\langle\begin{array}{l}CHNa\\ |\\ CO\end{array}\right.$, ce qui en fait un composé analogue aux éthers acéto et benzoylacétique et surtout à la disoxybenzoïne sodée.

» Or on sait que les molécules renfermant un groupement CH^2 compris entre deux radicaux plus ou moins négatifs, sont susceptibles de se condenser avec les aldéhydes, sous l'influence de l'acide chlorhydrique, pour donner naissance à des combinaisons non saturées, de la forme

$$\begin{array}{l}R.CO.C-CO^2R'\\ \|\\ CH-R''\end{array}.$$

» La caractérisation du benzylcamphre, comme produit de l'action du benzylate de sodium sur le camphre, benzylcamphre qui a été décrit dans ma dernière Note à l'Académie, m'a conduit à essayer la préparation du benzalcamphre qui, par réduction, devait me fournir, et m'a réellement fourni le même benzylcamphre.

» Des essais effectués pour condenser le camphre avec l'aldéhyde benzoïque, par l'intermédiaire de l'acide chlorhydrique, n'ont toutefois pas donné de résultats.

» Cet insuccès nous a conduit à employer la méthode imaginée par M. V. Mayer (1) pour combiner l'aldéhyde benzoïque au cyanure de benzyle, méthode qui consiste à traiter un mélange de cyanure et d'alcoolate de soude par de l'aldéhyde benzoïque

$$C^6H^5.CH^2.CAz + C^6H^5.CHO = H^2O + C^6H^5 - CH = CH\left\langle\begin{matrix} C^6H^5 \\ CAz \end{matrix}\right. .$$

» L'action de l'aldéhyde benzoïque soit sur une solution d'éthylate de soude et de camphre dans l'alcool absolu, soit sur le mélange sec et homogène de camphre et d'alcoolate de sodium fournit, en effet, du benzalcamphre, mais le rendement est très faible, dans le premier cas surtout.

» Il n'en est pas de même quand on fait agir l'aldéhyde sur le camphre sodé. La réaction s'accomplit avec dégagement de chaleur, suivant l'équation

$$C^8H^{14}\left\langle\begin{matrix} CHNa \\ | \\ CO \end{matrix}\right. + C^6H^5.CHO = NaHO + C^8H^{14}\left\langle\begin{matrix} C-CH.C^6H^5 \\ | \\ CO \end{matrix}\right. .$$

» Mais le benzalcamphre n'est pas le seul produit qui prend naissance dans cette préparation. Il est toujours accompagné d'une huile qui renferme du benzoate de bornéol. Dans les eaux de lavage on trouve, en outre, du benzoate de sodium.

» La formation de ces produits secondaires est due à ce que le camphre sodé est toujours accompagné de bornéol sodé. Or on sait, d'après les travaux de M. Claisen, que, lorsqu'on traite l'alcool sodé par de l'aldéhyde benzoïque, il se forme de l'alcool benzylique, du benzoate de benzyle et du benzoate d'éthyle. On peut donc traduire les réactions qui précèdent par des équations analogues à celles qui ont servi à M. Claisen (2) pour interpréter les phénomènes observés par lui :

$$(1)\qquad C^{10}H^{17}ONa + 2C^6H^5.CHO = C^6H^5C\left\langle\begin{matrix} ONa \\ -O^7H^7 \\ OC^{10}H^{17} \end{matrix}\right. ,$$

$$(2)\qquad C^6H^5.C\left\langle\begin{matrix} ONa \\ -OC^7H^7 \\ OC^{10}H^{17} \end{matrix}\right. = C^6H^5.CO^2C^{10}H^{17} + C^7H^7ONa.$$

---

(1) *Ann. Chem. pharm.*, t. 250, p. 124.

(2) *Ber. deut. ch. Ges.*, t. XX, p. 649.

» L'hydrure de benzoyle n'est pas la seule aldéhyde qui se combine au camphre dans les conditions que nous venons de décrire. Les aldéhydes cuminique, cinnamique, méthylsalicylique, éthylsalicylique, donnent des combinaisons analogues. Les aldéhydes de la série grasse réagissent également, mais il n'a pas encore été possible d'isoler les dérivés à un état de pureté suffisant.

» Tous ces composés peuvent se représenter par la formule générale $C^8H^{14}\left\langle\begin{array}{l}CO\\ |\\ C=CHR\end{array}\right.$. Ceux qui sont préparés avec les aldéhydes aromatiques sont cristallisés, sauf le cinnamalcamphre.

» Tous fournissent par réduction, au moyen de l'amalgame de sodium, les alcoylcamphres correspondants

$$C^8H^{14}\left\langle\begin{array}{l}C=CHR\\ |\\ CO\end{array}\right. + H^2 = C^8H^{14}\left\langle\begin{array}{l}CH.CH^2.R\\ |\\ CO\end{array}\right..$$

» Ajoutons, toutefois, que les produits de réduction obtenus dans ces conditions ne sont pas des corps uniques. L'introduction d'un radical alcoolique dans le groupe CH^2 du camphre rend cet atome de carbone asymétrique, de sorte qu'on peut concevoir l'existence d'au moins deux stéréoisomères correspondant à chaque dérivé alcoylé. Le pouvoir rotatoire du composé de réduction du benzalcamphre droit diffère, en effet, de celui du benzylcamphre obtenu par les procédés déjà décrits.

» *Benzalcamphre droit* $C^8H^{14}\left\langle\begin{array}{l}C=CH.C^6H^5\\ |\\ CO\end{array}\right.$. — Nous ne décrirons que la méthode au camphre sodé. On dissout 150^{gr} de camphre dans 400^{gr} de toluène bien sec. La solution est chauffée, avec 15^{gr} de sodium, dans un ballon muni d'un réfrigérant ascendant, jusqu'à disparition du métal alcalin. On laisse refroidir dans un courant d'hydrogène, on décante le liquide surnageant les cristaux de camphre sodé formés, et on lave le produit avec un peu de benzène. On ajoute environ 100^{gr} de toluène bien sec, puis 105^{gr} d'aldéhyde benzoïque rectifiée. Le mélange s'échauffe; on le maintient homogène en remuant constamment, et on l'agite finalement avec de l'eau. On décante, et le produit est agité une seconde fois avec de l'eau. On sépare les liquides; le carbure, tenant en dissolution le benzalcamphre, le benzoate de bornéol, plus un excès de camphre et de bornéol, est mis à dessécher sur du chlorure de calcium. On chasse le toluène par distillation, et l'on chauffe le résidu au bain-marie, jusqu'à ce qu'il ne dégage plus d'odeur de camphre. Il reste un produit jaunâtre, plus ou moins épais, qu'on dissout dans l'alcool. Sa solution abandonne, par refroidissement, des cristaux brillants ayant la forme de losanges, très réfringents, qu'on purifie par de nouvelles cristallisations dans le toluène.

» L'huile mère jaunâtre qui reste, traitée par de la potasse alcoolique, donne un précipité de benzoate de potasse et du bornéol que l'alcool retient en dissolution. On sépare le benzoate, on lave avec de l'eau et on agite avec de l'éther. La solution éthérée, desséchée sur du chlorure de calcium, fournit par évaporation une huile jaune qu'on chauffe au bain-marie pour éliminer le bornéol qu'elle contient. On la rectifie dans le vide, et le produit additionné d'un cristal de benzalcamphre se prend en masse et fournit une nouvelle portion de ce dérivé.

» Le benzalcamphre fond à 95°-96°. Il est peu soluble dans l'alcool froid, plus soluble dans l'alcool bouillant, dans l'éther, la benzine, le toluène.

» La potasse alcoolique est sans action sur lui. Il ne se combine pas au brome.

» L'amalgame de sodium le transforme en benzylcamphre.

» Le *benzalcamphre gauche* a été préparé en partant du camphre gauche. Il possède les mêmes propriétés que son isomère droit, et n'en diffère que par son pouvoir rotatoire qui est de signe contraire.

» Le *benzalcamphre racémique* a été obtenu en mélangeant parties égales du dérivé droit et du dérivé gauche. Les cristaux ressemblent à ceux des corps actifs, mais ils fondent à 78° au lieu de 95°-96°.

» Réduit au moyen de l'amalgame de sodium, ce racémique fournit un benzylcamphre inactif, qui se présente sous la forme d'une huile incristallisable, qui bout à 199° sous une pression de 27^{mm}.

» *Cuminalcamphre* $C^8H^{14}\left\langle\begin{array}{l}C = CH.C^6H^4.C^3H^7\\ | \\ CO\end{array}\right.$. — L'huile que l'on obtient en opérant comme avec le benzalcamphre ne cristallise pas. On la rectifie dans le vide, et l'on constate qu'à 230°-237° ($H = 30^{mm}$) la majeure partie distille sous la forme d'un corps épais, qui se prend en masse pendant les grands froids de l'hiver. On exprime ce produit entre des doubles de papier et on le fait cristalliser dans l'alcool.

» Le cuminalcamphre se présente sous la forme de prismes allongés, durs et cassants, solubles dans l'alcool, l'éther, le benzène, le toluène, insolubles dans l'eau et les alcalis.

» Ce corps fond à 62° et ses solutions dévient la lumière polarisée à droite.

» Le *cuminylcamphre* $C^8H^{14}\left\langle\begin{array}{l}CH.CH^2.C^6H^4.C^3H^7\\ | \\ CO\end{array}\right.$, préparé par réduction du cuminalcamphre au moyen de l'amalgame de sodium, est un liquide huileux, jaunâtre, incristallisable, qui distille à 225°-230° sous une pression de 28^{mm}.

» Le *cinnamalcamphre* $C^8H^{14}\left\langle\begin{array}{l}CO\\ | \\ C = CH.CH:CH.C^6H^5\end{array}\right.$ se présente sous la forme d'un liquide visqueux, jaunâtre, et qu'il a été impossible de faire cristalliser. Ce corps distille à 280°-290° sous une pression de 50^{mm}.

» Le *méthylsalicylalcamphre* $C^8H^{14}\left\langle\begin{array}{l}C = CH.C^6H^4.OCH^3\\ | \\ CO\end{array}\right.$ a été préparé comme le benzylcamphre. L'huile que l'on obtient après avoir chassé le camphre se prend peu à peu en masse si l'on a soin de la frotter, avec une baguette, contre les parois du cristallisoir. Cristallisé dans l'alcool, ce corps se présente sous la forme de beaux cristaux

fondant à 92°-94°. Sa solution alcoolique, additionnée d'amalgame de sodium et d'un peu d'acide sulfurique, fournit :

» Le *méthylsaligénylcamphre* $C^8H^{14}\left\langle\begin{array}{l}CH.CH^2.C^6H^4OCH^3\\ |\\ CO\end{array}\right.$, corps qui cristallise dans l'alcool en lamelles blanches, rhomboïdales, fondant à 49°.

» L'*éthylsalicylalcamphre* $C^8H^{14}\left\langle\begin{array}{l}CO\\ |\\ C=CH.C^6H^4.OC^2H^5\end{array}\right.$ prend naissance dans les mêmes conditions que son homologue inférieur. Mais il cristallise plus difficilement que le dérivé méthyle. Il faut l'abandonner pendant longtemps dans un endroit frais, pour que les cristaux se forment.

» Cristallisé dans l'alcool, il constitue des tables rhomboïdales fondant à 65°.

» L'*éthylsaligénylcamphre* $C^8H^{14}\left\langle\begin{array}{l}CH.CH^2.C^6H^4OC^2H^5\\ |\\ CO\end{array}\right.$, obtenu par réduction du précédent corps, cristallise en prismes blancs, fondant à la même température que l'éthylsalicylalcamphre.

» Des essais tentés pour obtenir le salicylalcamphre n'ont pas donné de résultat. Quand on traite le camphre sodé par de l'aldéhyde salicylique, il se forme du salicylure de sodium et du camphre. Si l'on prépare au préalable du salicylure de sodium, et qu'on le fasse agir sur le camphre sodé, il ne se produit aucune action, même quand on opère à chaud. Nous comptons néanmoins préparer ce corps, mais par une autre voie.

» Notre intention est de poursuivre l'étude de tous ces dérivés, car, au point de vue du pouvoir rotatoire et de l'énergie réfringente moléculaire, ils possèdent des propriétés remarquables. »

GÉOLOGIE. — *Les formations éocènes de l'Algérie.* Note de MM. **Pomel** et **Ficheur**.

« Nous avons constaté, dans des publications antérieures [1], que les terrains éocènes de l'Algérie se groupent en trois séries, comprenant chacune plusieurs étages, souvent limités par des discordances. Le groupe inférieur (*suessonien*) est développé vers les limites du Tell et des Hauts-Plateaux d'Alger, d'où il descend dans le Tell oranais, et comprend tous les lambeaux qui se distribuent sur les plateaux numidiens jusqu'au Sahara. Le groupe moyen (*parisien*) est réduit à une zone étroite, qui est

---

(1) Pomel, *Description stratigraphique générale de l'Algérie;* 1889. — Ficheur, *Les terrains éocènes de la Kabylie du Djurjura;* 1890.

continue dans le Djurjura, et se trouve fortement démantelée vers l'est, dans la partie nord du massif numidien. Le groupe supérieur (*ligurien*), argiles et grès à fucoïdes, s'étend transgressivement sur les groupes antérieurs et prend un grand développement dans le Tell oriental, d'où il se prolonge en Tunisie.

» Nous avons également fait ressortir, pour les deux groupes inférieurs, une singulière situation d'indépendance et d'isolement, qui n'avait pas permis d'observer de relations de contact entre ces deux formations dans les contrées où nous les avions étudiées. On en avait tiré argument pour contester la réalité de notre échelle stratigraphique, prétextant que ces formations, si différentes qu'elles parussent dans leur composition, pouvaient bien avoir été déposées simultanément dans des bassins distincts et sans communication entre eux. Il ne restait guère que la région au nord et au nord-ouest de Constantine où l'on pût espérer une solution; l'un de nous vient d'y constater récemment l'indépendance absolue des deux formations, et ainsi se trouve confirmée notre opinion sur l'impossibilité d'une contemporanéité entre ces dépôts de facies si différents et de faunes nummulitiques absolument distinctes.

» Le suessonien s'étend dans le nord-est de Sétif, en conservant le même facies qu'au voisinage de cette ville : calcaires à silex surmontés de marnes et calcaires blanchâtres ; il n'y est cependant représenté que par des lambeaux, plus ou moins isolés sur le sénonien, qui domine dans la région, contrairement aux indications de la carte de Tissot, qui les avait confondus. Des îlots importants se montrent sur le flanc sud du djebel Ahrès; et, dans la coupure de l'oued El-Kébir, entre Mila et El-Milia, le suessonien présente des parties rocheuses qui descendent jusque dans le ravin. Au nord du djebel Msid-el-Aïcha, ces mêmes calcaires à silex forment quelques crêtes, couronnant le sénonien.

» Entre l'oued El-Kébir et El-Kantour existent quelques lambeaux très restreints indiquant la présence des deux étages, inférieur et supérieur du parisien, avec tous leurs caractères de la Kabylie, indépendamment des îlots de calcaires subcristallins à *Nummulites asturica,* signalés depuis longtemps au Sidi-Cheik ben Rohou, aux Toumiettes, etc. Un de ces lambeaux, comprenant les couches marno-calcaires à *Numm. lævigata* de la base du groupe, surmontées des poudingues et grès à *Numm. perforata* (assise de Drâ-el-Mizan), se montre sur le flanc sud du Msid-el-Aïcha, à l'est du village d'Amala. La situation stratigraphique de ce lambeau parisien par rapport aux îlots suessoniens signalés ci-dessus, au nord et à l'ouest, dans un

rayon de 2 à 3 kilomètres, indique nettement la transgressivité des assises de l'éocène moyen sur l'éocène inférieur, après le démantèlement de cette dernière formation. Il est manifeste, en effet, que le bassin éocène moyen a empiété sur le périmètre occupé antérieurement par le bassin éocène inférieur, dont les rivages avaient été déjà oblitérés. Il ne peut donc pas y avoir eu contemporanéité de dépôts entre ces deux séries.

» Ce canton privilégié nous donne également un renseignement précieux qui vient confirmer la division que nous avons établie pour l'éocène supérieur. Ce groupe y est représenté par ses deux étages : l'inférieur (argiles et grès de Chellata), près du village d'Amala, le supérieur (grès de Numidie), prenant une grande extension vers l'est. Les relations montrent, en toute évidence, que ces dépôts n'ont pu s'effectuer qu'après le démantèlement et l'ablation presque totale des couches de l'éocène moyen.

» Ainsi se trouve confirmée l'indépendance complète des trois groupes que nous avons établis, et justifiée la classification stratigraphique adoptée pour la carte géologique de l'Algérie. On peut en tirer les conclusions suivantes :

» 1° Les formations de l'éocène moyen s'étendent sur une zone étroite, voisine du littoral, et ne paraissent pas dépasser la première chaîne du Tell algérien, jalonnée par l'Atlas de Blidah, le Djurjura, la chaîne des Ahrès et des Mouïa jusqu'au voisinage de Jemmapes. Elles conservent, d'une extrémité à l'autre, le même facies, la même division en trois étages et sont caractérisées par les nummulites des groupes de *Numm. lævigata* et de *Numm. perforata*.

» 2° Les assises de l'éocène inférieur forment un ensemble, défini au point de vue nummulitique, par *Numm. planulata*, *Numm. biarritzensis*, *Numm. gizehensis*, et qui paraît n'avoir pu être recouvert qu'à sa bordure est par le groupe moyen.

» La série éocène du Haut-Tell et des Hauts-Plateaux de Constantine appartient en entier au groupe inférieur. Au sud, elle descend dans le Sahara et, du pied du Bou-Khaïl, elle pousse un appendice qui, par Mouel-Adam, Dzioua et, d'après M. Rolland, par Hassi-Berkan, se relie aux calcaires à silex du Tadmaït, observés par la mission Flatters.

» Vers l'est, elle se continue en Tunisie, avec des caractères identiques dans les plateaux de la Tunisie centrale, ainsi que dans sa partie méridionale. L'opinion de l'existence de l'éocène moyen vers le Dir-el-Kef, émise par M. Rolland, ne peut être maintenue, la faune nummulitique des

couches supérieures étant identique à celle des calcaires sous-jacents. C'est, du reste, le résultat d'une illusion produite par une faille inaperçue, mettant en contact le superstratum marneux des calcaires avec une zone marneuse intercalée dans ces mêmes calcaires.

» Il nous paraît très probable qu'il faudra attribuer au même groupe de l'éocène inférieur les couches de l'Égypte à *Nummul. gizehensis*, dont les espèces sont confinées dans des niveaux bien définis du suessonien d'Algérie, et qu'il faudra les rattacher, comme étage supérieur, à l'étage libyen du professeur Zittel, au lieu de les rapporter, comme lui, au parisien. D'après cela, il semble peu probable que l'éocène moyen soit représenté dans la partie orientale de l'Afrique du Nord, dont une émersion, plus ou moins générale, aurait clos la première partie de la période nummulitique dans ces parages. »

MÉMOIRES LUS.

PATHOLOGIE. — *Méthode de transformations prompte des produits tuberculeux des articulations et de certaines autres parties du corps humain.* Note de M. **Lannelongue**.

« Il y a maintenant quatre mois que j'ai entrepris sur l'homme les premiers essais d'une méthode de traitement des produits tuberculeux. Durant ce temps, je l'ai appliquée aux diverses modalités de l'affection tuberculeuse, aux types dont les manifestations montrent avec évidence les étapes successives de son évolution, depuis la période initiale de l'infection, jusqu'aux degrés les plus avancés comprenant la mortification des tissus ou leur déchéance très avancée.

» Les résultats obtenus, observés avec le soin, et la rigueur que comporte une pareille étude, me paraissent devoir être divulgués aujourd'hui, pour être désormais soumis à un libre examen et au jugement de tous. D'une part, l'importance du sujet l'exige; d'autre part, la simplicité de la méthode et la promptitude de ses effets permettront vite au plus modeste praticien comme à l'expérimentateur le plus habile d'en apprécier la valeur.

» Il ne s'agit pas d'ailleurs, telle est du moins ma conviction, d'un remède spécifique visant spécialement et uniquement le bacille, qu'il détruirait dans un délai rapide. Il s'agit de l'emploi d'un agent chimique, jouissant de propriétés spéciales à l'égard des tissus vivants; cet agent,

antiseptique assez puissant, est le chlorure de zinc, employé suivant une méthode particulière, dont je préciserai plus tard les détails.

» La lésion que produit le bacille tuberculeux étant presque toujours localisée en une place déterminée de l'organisme, il m'a semblé que c'était en ce lieu que devait s'exercer avec le plus de succès toute action médicatrice; il m'a semblé aussi qu'on imiterait de tous points le travail naturel de guérison, si l'on parvenait à transformer le tissu fibreux en un tissu représentant les cicatrices ou le processus curateur de presque toutes les altérations organiques, le tissu morbide composé d'éléments destinés à dégénérer presque toujours et à devenir, dans l'immense majorité des cas, des foyers d'infection pour les parties voisines d'abord, pour les régions plus éloignées ensuite, pour l'économie tout entière enfin.

» En un mot, la méthode a pour but de scléroser le tissu tuberculeux, quel qu'en soit le siège; elle cherche la condition qui semble la plus contraire à l'existence du bacille, puisque cet agent disparaît ou se montre impuissant lorsqu'elle se trouve réalisée.

» La méthode que je préconise consiste à faire pénétrer l'agent thérapeutique, choisi pour des raisons spéciales, non point dans les fongosités, ni dans les foyers tuberculeux, mais en dehors d'eux et autour d'eux seulement. La constitution anatomique et le mode d'accroissement des foyers tuberculeux viennent tout d'abord plaider avantageusement en sa faveur. En effet, tandis qu'à la périphérie de ces foyers se trouvent les processus les plus récents et jeunes, on ne rencontre au centre que des produits d'un autre âge et dégénérés, frappés de mort ou en voie de nécrobiose. Cela revient à dire que la fonction bacillaire s'accomplit toujours excentriquement et que les tissus normaux, formant la limite du foyer morbide, sont comme une matrice élaborant sans cesse, sous l'incitation du bacille, les néoplasmes tuberculeux qui se propagent ainsi de proche en proche et par continuité du tissu.

» De là, l'obligation de modifier, avant tout, la couche périphérique où se fait l'ensemencement; mais il est aussi essentiel d'opérer la transformation de la couche farcie de tubercules où le bacille est en plein travail. On ne doit pas oublier d'ailleurs que la zone où siègent les altérations spécifiques reçoit ses vaisseaux, c'est-à-dire les éléments de sa nutrition, de la couche périphérique qui se continue avec elle.

» L'expérimentation enseigne que le chlorure de zinc produit une transformation fibroïde remarquable dans les tissus normaux des animaux. Or on obtient les mêmes effets sur les tissus altérés, sur le tissu tuberculeux

en particulier. Le médicament fixe, en les tuant, les éléments anatomiques au point où il est déposé et même à une plus grande distance; il oblitère un certain nombre de capillaires et de petits vaisseaux; il provoque enfin une irritation inflammatoire des parois vasculaires, qui rétrécit le calibre des artères et des veines dans une étendue notable, parfois éloignée du point initial.

» Mais il se produit, en même temps, une modification locale d'une importance bien autrement grande. Très rapidement, presque en quelques heures, il se fait, au sein des tissus altérés, par diapédèse et probablement aussi par prolifération cellulaire, un afflux énorme de nouveaux éléments anatomiques. L'irruption soudaine et intense des jeunes cellules a lieu non seulement au point d'application du remède, mais aussi à une certaine distance, par diffusion de l'agent thérapeutique; ces cellules empâtent la périphérie des fongosités, comme elles infiltrent dans de fortes proportions le néoplasme tuberculeux. L'afflux des éléments embryonnaires au lieu intéressé est énorme; nous l'avons étudié dans les poumons, le foie, les muscles, le tissu cellulaire des animaux et aussi chez l'homme. On peut, d'après les dessins que je présente, juger de l'abondance de la prolifération et de la richesse extrême de l'ancien tissu en nouveaux éléments.

» La lutte s'établit, dès ce moment, entre les éléments amoncelés et le bacille, particulièrement entre les cellules migratrices et cet agent, en vue de l'absorber et de le détruire. Quoi qu'il en soit de cette hypothèse, les éléments du tissu morbide que l'agent thérapeutique avait fixés par son contact se résorbent lentement et disparaissent, repris par l'organisme; les jeunes cellules, au contraire, s'organisent avec une grande activité et constituent un tissu fibreux, serré, d'autant plus compact que les vaisseaux y sont moins nombreux et d'un plus petit calibre; peut-être même l'altération de ces vaisseaux, se poursuivant loin du lieu de l'injection, propage-t-elle l'irritation dans les tissus qu'ils alimentent.

» On peut apprécier, dès le lendemain de l'intervention, la formation du nouveau tissu, dont les qualités s'affirment rapidement si l'on a eu recours à une solution au dixième. A la sclérose des fongosités articulaires, s'ajoute un ostéome sous-périosté diffus, avec condensation osseuse, si l'on a pris soin d'intéresser le périoste au travail de réparation, ce que je fais dans la plupart des cas d'ostéo-arthrites tuberculeuses.

» L'évolution ultérieure, autant que j'en puis juger par mes résultats cliniques, accuse une tendance marquée vers le retour des tissus scléreux à un tissu conjonctif plus lâche. Il en résulte que les parties reprennent

leur souplesse et leur forme et que les fonctions des organes locomoteurs se trouvent conservées en entier, ou tout au moins dans les limites où elles existaient au début du traitement.

» Ces documents seront complétés par les développements que je présenterai demain à l'Académie de Médecine, sur la technique de la méthode, sur les expériences entreprises avec M. Achard, sur les malades traités enfin.

» Qu'il me soit permis seulement de dire ici que, chez mes vingt-deux premiers malades sans exception, j'ai obtenu une transformation favorable, qui s'est traduite par la guérison ou par une amélioration annonçant une guérison prochaine. Mais est-ce bien guérison qu'il faut dire et cette guérison est-elle définitive?

» Un examen sérieux des jeunes malades atteints de lésions graves du genou par exemple ne permet-il pas de considérer comme guéris ceux dont les parties ont retrouvé leurs fonctions et presque leur forme, qui ne ressentent aucun phénomène anormal, qui marchent toute la journée, dont le développement général se fait bien et avec régularité, dont le poids augmente progressivement, qui vivent enfin de la vie commune des autres enfants? Une opinion presque unanime les ferait considérer comme guéris. Et pourtant, malgré ces faits et ces apparences, on ne saurait trop apporter de réserve dans la conclusion.

» La guérison, dans l'espèce, c'est la disparition du bacille, et cette disparition, je ne puis pas l'affirmer d'une manière absolue. Il est vrai que, chez un de nos malades, nous avons constaté avec M. Achard, dans une plaque qui a été extirpée après traitement, une transformation fibro-graisseuse du tissu, sans y rencontrer un seul bacille, et l'inoculation à un cobaye faite il y a deux mois n'a pas abouti; l'animal est encore sain et sauf. Mais ne me suis-je pas trompé dans le diagnostic de tuberculose costale avec fongosités symptomatiques? Je préfère rester dans le doute et accepter la responsabilité d'un diagnostic inexact pour ne pas trop m'avancer.

» Cependant, tout porte à croire qu'une transformation totale d'un tissu tuberculeux en tissu fibreux est difficilement compatible avec la vie du bacille, et chez quelques-uns de nos malades celui-ci garde depuis deux mois et plus un silence de mort.

» La constitution du nouveau tissu diminue en tous cas les sources de l'infection, car il est depuis longtemps avéré que les foyers tuberculeux, mous et imprégnés de liquides ou de sucs, sont de beaucoup les plus dangereux pour les régions voisines et l'économie entière.

» Donc, si le bacille persiste dans les tissus sclérosés, question que nous

cherchons à résoudre expérimentalement, en attendant des preuves tirées de l'examen des pièces anatomiques provenant de l'homme, il semble être confiné dans une place où il est comme encapsulé et devenu inoffensif, toute trace de son activité n'apparaissant plus depuis un temps qui s'accroît tous les jours.

» Un avenir très prochain fixera définitivement ce point. »

MÉMOIRES PRÉSENTÉS.

M. **J. Balmy** adresse un Mémoire intitulé : « Études sur la maladie des pommes de terre ».

(Renvoi à la Section d'Économie rurale.)

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance, quatre Volumes et un Atlas, adressés par M. *de Beauchamp*, et édités par l'École de Fontainebleau, sous le titre : « Cours de Mécanique professé à l'École d'application de l'Artillerie et du Génie ».

(Renvoi à la Section de Mécanique.)

ÉLASTICITÉ. — *Sur la détermination des constantes et du coefficient d'élasticité de l'acier-nickel.* Note de M. **E. Mercadier**, présentée par M. Sarrau.

« Dans une série de recherches insérées aux *Comptes rendus* des 11, 25 juillet et 1er août 1887, 2 et 9 juillet 1888, j'ai indiqué une méthode simple pour déterminer le rapport $\frac{\lambda}{\mu}$ des constantes de Lamé pour un corps solide sonore, et, par suite, son coefficient d'élasticité dynamique, en me fondant sur la théorie des vibrations des disques circulaires de Kirchhoff. L'application de cette méthode à des aciers bien définis, mais très différents au point de vue physique, chimique et industriel, m'avait conduit à conclure : qu'au point de vue *élastique* proprement dit, c'est-à-dire eu égard aux phénomènes vibratoires ou autres dans lesquels il ne se produit pas de déformations permanentes, les propriétés de ces aciers varient peu ; le rapport

$\frac{\lambda}{\mu}$ des constantes, réellement différentes, qui les caractérisent, ne varie que d'environ 5 pour 100 au-dessus ou au-dessous de sa valeur moyenne, et leur coefficient d'élasticité dynamique varie à peine de 1 pour 100 de sa valeur moyenne, 20700 à 15° (1).

» J'ajoute que le rapport du coefficient d'élasticité *dynamique* moyen de ces aciers au coefficient *statique*, déduit des mesures ordinaires d'allongement, est d'environ 1,035.

» Mais ces aciers contenaient au plus 1 pour 100 de substances étrangères au fer : carbone, silicium, soufre, phosphore et manganèse.

» Or aujourd'hui, dans l'industrie, on essaye des alliages divers d'aciers et de métaux, tels que le chrome et le nickel par exemple, où ce dernier métal peut entrer pour jusqu'à 25 pour 100, et il semble très important de rechercher ce que deviennent, dans ce cas, les propriétés élastiques de l'acier ainsi modifié. J'ai effectué cette recherche sur des disques d'acier-nickel, provenant des usines du Creusot, qui m'ont été adressés par M. l'ingénieur Barba. En voici la composition et le coefficient d'élasticité statique déduits en usine des mesures d'allongements; ces disques ont été recuits au rouge cerise après découpage :

Numéros.	Nickel pour 100.	Carbone pour 100.	Silicium pour 100.	Soufre pour 100.	Phosphore pour 100.	Magnésium pour 100.	
1....	5,55	0,20	0,14	0,018	0,057	0,09	même coulée
2....	»	»	»	»	»	»	
3....	25,01	0,873	0,63	0,032	0,044	1,30	même coulée
4....	»	»	»	»	»	»	

Coefficients d'élasticité des nos 1 et 2 : 17500; des nos 3 et 4 : 12000.

» Je rappelle la méthode que j'ai employée : 1° je détermine expérimentalement les nombres de vibrations n_0 et n_1 du son fondamental et du 1er harmonique de chaque disque; 2° je déduis du rapport $\frac{n_1}{n_0}$, à l'aide des formules de Kirchhoff (*Comptes rendus*, loc. cit.), la valeur de $\theta = \frac{\lambda}{2\mu}$, et par suite de $\frac{\lambda}{\mu}$; 3° de la valeur de θ pour chaque disque et de celle d'une quantité x_{dc}, où d représente le nombre des lignes nodales diamétrales et c celui des nodales circulaires pour le son du disque considéré (quantité calculée également d'après les formules de Kirchhoff), je déduis la valeur

(1) Je ferai remarquer que ce nombre est égal (à $1\frac{1}{2}$ pour 100 près) à celui, 20395, qui résulte des belles expériences statiques de M. Amagat (*Comptes rendus*, p. 1200; 1889).

de K $= \frac{(1+2\theta)}{(1+\theta)(1+3\theta)} x^4_{dc}$, et enfin le coefficient d'élasticité q par la formule $q = \frac{n^2 l^2 P}{e^3} \frac{3\pi}{4g} \frac{1}{K}$, où l est le diamètre et e l'épaisseur du disque exprimés en millimètres, P le poids en kilogrammes. Pour chaque disque on a deux valeurs de q, q_0 et q_1 correspondant au son fondamental n_0 et au 1er harmonique n_1.

» Voici les résultats de l'expérience et des calculs (température $t = 22°$) :

	Nos.	q_0.	q_1.	$q = \frac{q_0+q_1}{2}$.	$\frac{\lambda}{\mu}$.	$\sigma = \frac{\lambda}{2(\lambda+\mu)}$.
Acier-nickel à 5,55 pour 100......	1	19768	19782	19775	2,29	0,348
»	2	20030	20060	20070	1,60	0,307
Acier-nickel à 25,01 pour 100.....	3	18492	18490	18491	0,834	0,227
»	4	18685	18695	18690	0,806	0,223

» On en déduit les remarques suivantes :

» Les disques nos 1 et 2, bien que de la même coulée, ne présentent pas le même degré d'homogénéité, car $\frac{\lambda}{\mu}$ y varie de 35 pour 100 de sa valeur moyenne; mais le coefficient d'élasticité ne varie pas de 2 pour 100 de sa valeur moyenne qui est 19 922. Ces disques sont, en outre, très éloignés de l'*isotropie*.

» Au contraire, les disques nos 3 et 4, à 25 pour 100 de nickel, sont tous les deux presque isotropes, $\frac{\lambda}{\mu}$ étant voisin de l'unité. En calculant le coefficient de contraction transversale $\sigma = \frac{\lambda}{2(\lambda+\mu)}$, on trouve, pour le n° 3, $\sigma = 0,227$, et pour le n° 4, $\sigma = 0.223$, nombres identiques à plusieurs de ceux que M. Cornu a trouvés pour la glace de Saint-Gobain, corps isotrope.

» Pour les nos 1 et 2, $\sigma = 0,348$ et $\sigma = 0,307$, nombres très voisins de ceux que j'ai déjà trouvés pour l'acier pur, lesquels varient de 0,315 à 0,333.

» Ainsi l'incorporation du nickel à l'acier en quantité suffisante tendrait à lui conférer l'*isotropie*, résultat remarquable sur lequel je reviendrai plus tard.

» D'autre part, il en résulte une variation notable du coefficient d'élasticité dynamique, de 20 700, qui est celui de l'acier pur, à 18 600, moyenne des nombres ci-dessus pour les numéros 3 et 4, c'est-à-dire une variation d'environ 10 pour 100.

» Mais, si l'on compare ces coefficients *dynamiques* aux coefficients *sta-*

tiques d'allongement cités plus haut, 17500 pour les nos 1 et 2, 12000 pour les nos 3 et 4, on voit s'accentuer considérablement la différence entre ces deux genres de coefficient. En effet, tandis que le rapport des deux coefficients est de 1,035 pour l'acier pur, il est de 1,17 pour l'acier-nickel à 5,55 pour 100, et de 1,54 pour l'acier-nickel à 25 pour 100, variations considérables qui confirment la différence (sur laquelle j'avais insisté dans mon dernier Mémoire) entre les propriétés dues à l'élasticité *dynamique* et celles dues à l'élasticité *statique* dans un même corps. Effectivement, dans les expériences d'allongement faites à l'usine, le coefficient statique de l'acier-nickel à 25 pour 100 a varié de 12000 à 6000, suivant la dimension des échantillons et leur mode de traitement : dans ces conditions, on peut dire que le coefficient statique s'applique à des corps réellement différents et n'a plus aucune signification déterminée. »

CHIMIE. — *Calcul du volume moléculaire*. Note de M. G. **Hinrichs**.

« La détermination mécanique de la densité ou bien du volume moléculaire des composés est d'une importance presque aussi grande que celle des changements d'état. Dans ce but, je fais usage de deux méthodes dont le résultat final est le même.

» *Méthode statique*. — « Les paraffines normales forment un prisme rec-
» tiligne d'un nombre n de joints ou nœuds *identiques* se terminant à
» chaque extrémité par un seul atome d'hydrogène. » (Ce Tome, p. 1128.)
Soit k le volume de chacun de ces CH^2 *identiques*, et soit h celui de l'atome d'hydrogène terminal ; alors le volume v_n de la paraffine normale $C^n H^{2n+2}$ sera évidemment

$$v_n = kn + 2h. \tag{20}$$

» Deux atomes de la paraffine en ligne droite continue exercent une attraction mutuelle dont l'effet sera une diminution de h dont le maximum sera atteint pour une valeur $n = \nu$ pour laquelle $h = h'$. Pour $n < \nu$, le volume, h sera plus grande, l'attraction étant moindre ; posons

$$h = h' + k'(\nu - n).$$

Mais les observations ont été faites à des températures très élevées pour les termes inférieurs de la série, ayant égard à leurs points de fusion. Je trouve que la répétition du facteur $\nu - n$ s'accorde avec les faits. Donc

$$v_h = k.n + 2(h' + \varepsilon), \tag{21}$$

où

(22) $$\varepsilon = k'(\nu - n)^2, \qquad n \gtrless \nu,$$

» Le Tableau ci-après donne les valeurs observées et les valeurs calculées d'après ces formules, posant les constantes $k = 17,8$, $h' = 3,45$, $k' = 0,1$, $\nu = 15$. L'accord est très satisfaisant, et il n'y a point d'écarts systématiques en apparence. Mais une analyse plus approfondie fait voir que les volumes moléculaires de n pair excèdent ceux de n impair par la quantité assez notable de 0,16, en moyenne. Ce fait, très significatif (ce Tome, p. 1129 et p. 1000), sera considéré dans une Note prochaine sur les points de fusion.

» *Méthode dynamique.* — « Les molécules des liquides révolvent autour » de leur axe naturel dont le moment d'inertie est *minimum* » (*Comptes rendus*, 1873, t. LXXVI, p. 1360). Donc il suffira de déterminer la longueur de l'atome et la section circulaire de son cylindre de révolution en regard de l'axe susdit pour avoir le volume moléculaire (même Tome, p. 1410).

» Comme exemple très simple, considérons les éthers $C^nH^{2n}O^2 = C^pH^{p2+1}$, $C^qH^{2q-1}O^2$, c'est-à-dire les éthers des acides gras. Leur section transversale, déterminée par la position des atomes d'oxygène, sera la même pour tous ces composés normaux. Il suffira donc de déterminer leur longueur d'atome pour avoir le volume moléculaire.

» Mais la longueur de ces atomes est évidemment $n = p + q$ augmenté de la valeur $2h_1$ due aux atomes terminaux d'hydrogène. Les oxygènes étant plus ou moins distants des extrémités de l'atome, dont la forme du pondérable [1], en conséquence, sera de nature fusiforme, la valeur de h_1 doit être très petite. Les observations font voir qu'elle peut être négligée, excepté pour $n < 7$, quand on peut la poser proportionnelle à $7 - n$, les raisons étant données sous la première méthode.

» Le volume des éthers normaux sera donc pour $p + q = n$,

(23) $$\nu_n = 24.6\,n + 2.\varepsilon,$$

où

(24) $$\varepsilon = 1.25\,(7 - n).$$

Les valeurs des constantes sont déterminées par les observations sur

(1) L'*atobar*, § 122, p. 17 de mon *Programme d'une Atomécanique*, Iowa City, 1867; 44 p. in-4°.

60 éthers normaux (jusqu'à $n = 12$) tabulés dans Ostwald, *Lehrb. allg. Chemie*, t. I, p. 377; 1891.

» Il doit y avoir de petites ondulations dans les valeurs des volumes moléculaires des éthers isomériques, fonction de p et de q, étant pairs (minima) ou impairs (maxima) tous les deux, ou l'un pair et l'autre impair (valeurs intermédiaires). Il faudra de nouvelles recherches expérimentales faites avec le plus grand soin sur une matière assez pure et de composition définie pour vérifier ces prédictions de la mécanique atomique.

» *Détermination théorique de la constante principale.* — Le volume moléculaire de CH^2 des paraffines doit être le même que celui de CH^2, qui est 18 par définition. La valeur trouvée est ici 17,8.

» L'unité de distance des atomes de carbone dans l'atome composé étant la même, les valeurs des deux méthodes sont exprimées dans une mesure commune. Donc la section transversale des éthers est 24,6 (23), celles des paraffines étant 17,8 (21). La section du cylindre de révolution des éthers est à celui des paraffines comme 4 est à 2. La signification de ce fait sera considérée ailleurs.

	n impair					n pair			
	observé.		calculé.			observé.		calculé.	
n.	s.	v_n.	v_n.	d.	n.	s.	v_n.	v_n.	d.
5....	0,626	115,0	115,9	+0,9	6....	0,663	129,7	129,9	+0,2
7....	697	143,7	144,3	+0,8	8....	718	158,7	159,1	+0,4
9....	733	174,6	174,3	—0,3	10....	746	190,4	189,9	—0,5
11....	756	206,4	205,9	—0,5	12....	764	222,5	222,3	—0,5
13....	769	239,4	239,1	—0,3	14....	772	256,5	256,3	—0,2
15....	774	273,8	273,9	+0,1	16....	775	291,6	291,7	+0,1
17....	776	309,3	309,5	+0,2	18....	776	327,3	327,3	0,0
19....	777	344,9	345,1	+0,2	20....	777	362,9	362,9	0,0
21....	773	380,5	380,7	+0,2	22....	778	398,5	398,5	0,0
23....	778	416,5	416,3	—0,2	24....	778	434,4	434,1	+0,3
			Somme....	+1,1				Somme....	—0,5
27....	779	487,8	487,5	—0,3					
31....	780	559,1	558,7	—0,4	32....	0,781	576,2	576,5	+0,3
35....	0,781	626,7	629,9	0,0					

» De $n = 16$ jusqu'à la fin, F. Krafft, t. LXXVI, p. 1128. De $n = 5$ jusqu'à $n = 10$, Richter, *Org. Chemie*, 5 Aufl. 1888, p. 53-55. De $n = 11$ jusqu'à $n - 15$, les valeurs de Krafft, au point de fusion, réduites par méthode graphique; par exemple, $n = 10$ observé à 17°; mais Krafft $n = 11$ du point de fusion — 26°, c'est-à-dire 43° plus bas. Le poids spécifique observé est s. »

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur un composé explosif qui prend naissance dans l'action de l'eau de baryte sur l'acide chromique, en présence de l'eau oxygénée* [1]. Note de M. **E. Péchard**, présentée par M. Troost.

« L'eau de baryte exerce sur l'acide chromique, additionné d'eau oxygénée, une curieuse réaction : il se produit, dans ces conditions, un précipité de couleur chamois, qui, après dessiccation, détone violemment par la percussion ou par la chaleur. Pour préparer ce composé, on opère de la façon suivante :

» Dans une solution très étendue d'acide chromique pur (8^{gr} au litre), versons un excès d'eau oxygénée; le liquide devient tout d'abord bleu foncé, et, si la température est assez basse, reste quelque temps inaltéré. Ajoutons alors de l'eau de baryte, également refroidie, jusqu'à ce que la liqueur, qui était acide, devienne franchement alcaline. Cette addition d'eau de baryte a pour effet de donner un précipité d'abord jaunâtre, puis brun chamois; un dégagement d'oxygène accuse la fin de la réaction. On verse alors rapidement le produit dans une grande quantité d'eau et on le lave par décantation. On le dessèche en l'exposant pendant plusieurs jours dans le vide audessus de l'acide sulfurique.

» Le composé ainsi obtenu détone avec un bruit sec, quand on le chauffe au fond d'un tube à essai, et laisse un résidu de chromate neutre de baryte mélangé d'un peu de baryte en excès. Le résidu, repris par l'eau, rougit en effet la phtaléine.

» L'eau ne détruit pas ce produit ; après traitement et dessiccation, la matière détone en effet par la chaleur comme le composé qui lui a donné naissance.

» Au contact de ce corps, l'acide sulfurique étendu manifeste une coloration bleue qui disparaît rapidement avec dégagement d'oxygène.

» Tous les produits que j'ai obtenus, en variant les proportions des matières premières, présentent les mêmes réactions caractéristiques. J'indiquerai seulement ici les analyses obtenues avec un composé dans la préparation duquel l'acide chromique était en très grand excès par rapport à l'eau oxygénée.

» Pour l'analyser, on fait déflagrer dans le vide la matière mélangée à un grand excès de sable, qui a été lavé à l'acide chlorhydrique et soigneusement desséché.

---

(1) Travail fait au laboratoire de Chimie de l'École Normale supérieure.

» I. $1^{gr},3773$ ont donné $59^{cc},64$ d'O, et un peu d'eau qui se condense sur les parois du tube.

» $1^{gr},0649$ traité par HCl étendu ont laissé un résidu insoluble de 0,0325 puis ont donné 0,889 de BaO, SO^3 et $0^{gr},2544$ de Cr^2O^3.

» II. $0^{gr},9929$ ont donné, par déflagration, $43^{cc},7$ d'O. Après le traitement par HCl étendu : résidu insoluble 0,0393. BaO, SO^3 0,8559 et 0,2467 de Cr^2O^3.

» Rapportons ces nombres à la somme de l'oxygène de la baryte et de l'acide chromique, que nous égalerons à 1.

» La différence, entre la somme des éléments et le poids de la matière employée, représente les impuretés et un peu d'eau qui se dégage pendant la déflagration.

	I.	II.	Rapport des équivalents.
Baryte................	0,5930	0,5916	1,13
Acide chromique	0,3402	0,3417	1
Oxygène (en poids)	0,0668	0,0667	1,22
Oxygène (en vol.)	$46^{cc},7$	$46^{cc},5$	

» Les rapports, ainsi trouvés, de la baryte et de l'oxygène à l'acide chromique, sont un peu supérieurs à 1, ce qui explique aisément la petite quantité d'alcali libre que l'on trouve en reprenant par l'eau le résidu de la déflagration. Il est naturel d'admettre, d'après le mode même de préparation, que cette baryte se trouve mélangée au composé chromique, à l'état de bioxyde de baryum plus ou moins hydraté, ou peut-être à l'état de BaO^2, HO^2, soustrait à la décomposition par la formation simultanée d'un composé suroxygéné en excès et par une dessiccation rapide.

» La composition du mélange analysé, abstraction faite de l'eau et des impuretés, serait assez voisine de

$$BaCrO^5 + \tfrac{1}{10} BaO^2.$$

» On calcule, en effet, pour 1^{gr} de matière :

1,1 BaO............	0,5878	
CrO^3	0,3507	Vol. d'O dégagé : 43^{cc}
1,1 O	0,0615	
	1,0000	

» Le léger excès d'oxygène semble bien indiquer que la matière peut contenir, en outre, un peu du composé BaO^2, HO^2. La formule $BaCrO^5$ donnerait, en effet :

BaO................	0,5679	
CrO^3................	0,3727	Vol. d'O dégagé : $41^{cc},5$
O	0,0594	
	1,0000	

» Les analyses que nous venons d'indiquer semblent conduire, pour le produit principal de l'action de l'eau de baryte sur l'acide chromique en excès en présence d'eau oxygénée, à la formule $BaCrO^5$, ou peut-être BaO^2, CrO^3. Les recherches que nous poursuivons sur ce sujet nous montreront si c'est bien ce composé qui se forme dans toutes les conditions. Elles permettront peut-être de fixer la formule qu'il convient de donner au composé bleu de Barreswil et de reconnaître si les formules CrO^3, HO^2, admise par M. Moissan, et Cr^2O^7, HO^2, proposée par M. Berthelot, ne représentent pas des phases différentes de la réaction. »

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Sur le dosage de petites quantités d'acide borique.* Note de M. F. **Parmentier**.

« J'ai pu constater la présence de l'acide borique dans la plupart des eaux minérales de la région du Centre. On peut déceler facilement la présence de ce corps dans ces eaux, au moyen du spectroscope. En général, une goutte de ces eaux, rendue acide par un acide énergique et portée dans la flamme incolore d'un brûleur à gaz, donne nettement au spectroscope les bandes caractéristiques du bore. D'après l'intensité des bandes, on peut se rendre approximativement compte de la plus ou moins grande teneur d'une eau en acide borique.

» Je me suis proposé de doser exactement l'acide borique dans une eau. Le procédé auquel je me suis arrêté pourra servir peut-être au dosage de ce corps dans des matières complexes qui la renferment en faibles proportions. Ce procédé repose sur les faits suivants :

» 1° L'acide borique n'a aucune action sur l'hélianthine virée au jaune par les alcalis, comme l'a fait voir M. Joly.

» 2° La teinture de tournesol vire en présence de l'acide borique et éprouve un changement de teinte caractéristique au moment où, par l'action des bases, il s'est produit un borate dont la composition varie avec la base employée. Avec la soude, ce virage a lieu quand il s'est produit du biborate de soude. Le choix de la teinture n'est pas indifférent. La teinture du commerce, même rendue sensible par les procédés habituels, ne donne pas d'indications nettes. L'orcéine, obtenue par l'oxydation de l'orcine, en présence de vapeurs ammoniacales, donne un virage plus net que la teinture du commerce, mais le moment précis du virage est difficile à saisir avec ce produit. L'orcéine préparée par le procédé de M. de Luynes nous a donné des virages très nets.

» Pour pouvoir utiliser l'action de l'acide borique sur les deux colorants précédents, lorsque l'on a affaire à un mélange salin complexe, il est nécessaire que l'on ne se trouve en présence ni d'acides à fonctions multiples, ni de sels métalliques réagissant sur la teinture de tournesol. Il faut que le mélange sur lequel on opère ne renferme, outre l'acide borique rendu libre par un acide énergique, que des sels sans action sur la teinture de tournesol, c'est-à-dire des sels alcalins ou alcalino-terreux.

» Voici comment j'opère :

» La plupart des eaux minérales de la région du Centre sont fortement chargées en bicarbonate de chaux et souvent en bicarbonate de fer. Évaporées, soit au bain-marie, soit à l'air libre, elles donnent naissance à des précipités insolubles dans l'eau et retenant tout l'acide borique. Ces précipités renferment aussi la majeure partie de la silice, l'acide phosphorique et l'arsenic. Traités par l'acide chlorhydrique, ils donnent des liqueurs qui, évaporées à basse température, soit à l'air libre, soit dans le vide en présence d'acide sulfurique et de potasse solide, ne perdent pas d'acide borique. Le résidu solide, chauffé rapidement vers 100° pour rendre la silice insoluble, n'éprouve pas non plus de perte sensible en acide borique. La matière, reprise par de l'eau acidulée par de l'acide chlorhydrique, puis traitée par l'azotate d'ammoniaque légèrement ammoniacal, laisse un résidu contenant le fer, l'alumine, le manganèse, l'arsenic, l'acide phosphorique; l'acide borique reste en solution. La liqueur rendue franchement acide par de l'acide sulfurique ou de l'acide chlorhydrique étendu, est ensuite partagée exactement en deux. Dans l'une des portions, on détermine l'acidité en présence de l'hélianthine, dans l'autre en présence du tournesol de M. de Luynes, avec une solution titrée de soude non carbonatée. De la différence des résultats obtenus, on déduit la quantité d'acide borique contenue dans la liqueur.

» J'ai vérifié l'exactitude de ce procédé avec des eaux artificiellement minéralisées au moyen de produits exempts d'acide borique. Dans ces eaux, j'introduisais des quantités d'acide borique variant de 5 à 20 milligrammes. En opérant comme je l'ai dit, j'ai retrouvé exactement les quantités d'acide borique introduites.

» Grâce au voisinage de Royat et à l'obligeance de l'administration de ces eaux, j'ai pu avoir dans mon laboratoire de l'eau sortant des sources et nullement altérée. J'ai trouvé que ces eaux renferment, par litre, les quantités d'acide borique anhydre suivantes :

Source Eugénie.	Source César.	Source Saint-Victor.	Source Saint-Marc.
$0^{gr},0038$	$0^{gr},0034$	$0^{gr},0030$	$0^{gr},0018$

» En tenant compte du débit de ces sources, on voit la quantité considérable d'acide borique émise dans une année.

» Dieulafait a montré que les eaux maritimes renferment de l'acide borique en notables proportions. Il a émis l'hypothèse que l'apport à la surface du sol de l'acide borique par les déjections volcaniques et par les eaux minérales est dû à des réactions complexes sur des dépôts marins souterrains. On peut se demander s'il n'y a pas une circulation de l'acide borique entre les eaux thermales et les eaux maritimes. Pour les eaux que nous avons étudiées, cette circulation n'existe pas. L'acide borique est retenu dans les tufs, formés par les eaux quand elles s'écoulent librement à la surface du sol. »

ANATOMIE ANIMALE. — *Sur la structure des ocelles de la Lithobie.* Note de M. **Victor Willem.**

« L'étude des ocelles de *Lithobius forficatus* a été l'objet des recherches de Graber et de Grenacher; mais les descriptions données par ces deux observateurs diffèrent dans tous leurs détails, au point qu'ils semblent, comme le fait remarquer Grenacher lui-même, avoir examiné des animaux différents.

» D'après Graber [1], en effet, les organes visuels des Myriapodes ont une organisation si semblable à celle des yeux d'Arachnides, qu'il juge inutile d'en donner une description spéciale. Or, pour cet auteur, un ocelle d'Arachnide comprend deux assises d'éléments cellulaires séparées, par une mince membrane lamelleuse : une couche *complète* de cellules tapissant la face interne de la lentille cornéenne et représentant un corps vitré; en second lieu, une rétine formée d'éléments *dirigés parallèlement à l'axe de l'œil.* Chacun de ces éléments rétiniens doit être considéré comme constitué par une cellule ganglionnaire basale, dont le prolongement terminal, ou bâtonnet, est *coiffé par une cellule uni- ou quelquefois binucléée.*

» Suivant Grenacher [2], on observe sous la cornée une couronne de grandes cellules prismatiques pigmentées, formant autour de l'axe de l'œil un manchon creux, dont la cavité est occupée par des cils *à direction transversale,* convergeant du bord interne des cellules (*Haarzellen*) vers l'axe de l'organe visuel. La partie postérieure de l'ocelle est occupée par

---

(1) *Ueber das unicorneale Tracheaten- und speciell das Arachnoïden- und Myriopoden-Auge* (*Archiv. für mikroskopische Anatomie,* 17ter Band, 1880).

(2) *Ueber die Augen einiger Myriopoden* (*ibidem,* 18ter Band, 1880).

un groupement hémisphérique d'éléments rétiniens pigmentés *unicellulaires,* terminés chacun, du côté interne, par un bâtonnet, dont la structure est extraordinairement difficile à élucider. Enfin, derrière la lentille, on peut observer un nombre *restreint* de petits noyaux cellulaires.

» Un troisième observateur, Sograff ([1]), donne de la structure de la Lithobie une description vague et très sommaire, qui ne concorde avec aucune des deux précédentes.

» Malgré les nombreuses difficultés que présente cette étude, je suis parvenu à obtenir de cet organe des coupes satisfaisantes, et j'ai reconnu que leur structure correspond, au moins dans ses grandes lignes, à la description donnée par Grenacher.

» Chacun des ocelles a la forme d'un cylindre allongé, limité extérieurement par la cornée, et enveloppé par une membrane conjonctive que traverse le nerf optique; dans les sillons qui séparent les cornées les unes des autres, cette membrane s'épaissit et renferme un amas de petites cellules pigmentées.

» La cavité limitée par la scléra est occupée, indépendamment de quelques petits éléments cellulaires appliqués contre la cornée, au centre même de sa face interne, par des cellules appartenant à deux types différents.

» Les premières, les *Haarzellen* de Grenacher, allongées et relativement peu épaisses, pigmentées, forment en s'accolant par leurs grandes faces un manchon creux, séparant la cornée de la rétine proprement dite. Elles se terminent du côté interne par des cils délicats qui, sur mes coupes, ne se présentent pas avec la régularité que leur attribuent les dessins de Grenacher, mais s'y montrent agglutinés en pinceaux irréguliers. Ces éléments ciliés seraient-ils des cellules réceptrices « géantes » semblables à celles que Patten a décrites chez la larve d'*Acilius,* dont les bâtonnets altérés ne seraient plus représentés, sur les préparations de Grenacher et sur les miennes, que par les fibrilles à direction transversale du rétinidium? Je ne puis admettre cette interprétation, car la manière respective dont se comportent vis-à-vis des réactifs fixateurs ces cellules ciliées et les cellules rétiniennes proprement dites, me force à conclure que ces deux espèces d'éléments n'ont pas une même signification morphologique.

» Le fond de la coupe optique est occupé par une vingtaine de cellules rétiniennes, que Grenacher avoue n'avoir pu observer entièrement que

---

([1]) *Anatomie de Lithobius forficatus,* p. 26; Moscou, 1880 (en russe).

dans des cas exceptionnels. Chacune d'elles présente un segment basal, renfermant le noyau, des granulations pigmentaires, et en communication avec une fibre nerveuse et un segment terminal, le bâtonnet de Grenacher, manifestement strié transversalement. Sur certaines coupes favorables, j'ai constaté la présence, entre les segments striés des cellules juxtaposées, d'éléments allongés offrant le même aspect que les bâtonnets latéraux des cellules rétiniennes des larves d'Acilius. Quelquefois, sur des sections transversales, j'ai vu, au centre des mailles du réseau constitué par la coupe des segments externes, un corpuscule de réfringence spéciale que je ne puis considérer que comme la section de la fibre nerveuse axiale de chaque cellule. Les stries transversales du segment terminal correspondent-elles aux fibrilles d'un rétinidium, semblable à celui que Patten décrit généralement dans les segments terminaux des rétinophores? C'est une question que l'extrême petitesse des éléments observés ne me permet pas de résoudre.

» Les granulations pigmentaires des cellules ciliées et des cellules à bâtonnets occupent une zone plus ou moins étendue, suivant que les ocelles ont été fixées à la lumière solaire ou dans l'obscurité.

» Je dirai, en terminant, que l'aspect de certaines de mes préparations, semblable au dessin de Graber, m'explique l'erreur d'interprétation de cet observateur, due à un examen rapide, avec idée préconçue, de coupes trop épaisses. »

ANATOMIE ANIMALE. — *Étude comparée du développement et de la morphologie des parapodes chez les Syllidiens.* Note de **A. Malaquin**, transmise par M. de Lacaze-Duthiers.

« Le parapode typique d'une Annélide se compose d'une rame ventrale antérieure avec un cirre ventral, et d'une rame dorsale postérieure avec un cirre dorsal. Chacune des deux rames est caractérisée par l'existence d'un faisceau de soies avec un ou plusieurs acicules de soutien, mus par des muscles spéciaux. Cet appareil locomoteur ainsi défini subit des modifications considérables, soit en se compliquant davantage, soit au contraire en se simplifiant.

» Les Syllidiens présentent, à ce dernier point de vue, tous les degrés de rétrogradation. Le pied le plus complet, celui qui se rencontre seulement chez certaines formes sexuées, présente les différentes parties qui viennent d'être énumérées; c'est le maximum de complexité atteint dans cette fa-

mille. A partir de cet état le plus différencié il subit une série de rétrogradations, qui se fait dans l'ordre suivant :

» 1° Disparition d'une rame qui est toujours la rame dorsale (comme l'a déjà établi M. Pruvot);

» 2° Disparition d'un premier cirre (cirre ventral);

» 3° Disparition d'un second cirre (cirre dorsal);

» 4° Réduction de la rame ventrale à un bulbe sétigère simple et peu saillant.

» I. Le maximum de composition du pied peut être représenté par la série suivante, en conservant l'ordre d'apparition embryogénique :

rame ventrale + cirre dorsal + cirre ventral + rame dorsale.

Ce maximum est réalisé chez certains Syllidiens au moment de la reproduction; mais il n'existe que dans les segments pourvus de soies natatoires. Celles-ci sortent, en effet, d'un petit mamelon situé au-dessus de la rame ventrale et en dessous du cirre dorsal. La position de ce mamelon sétigère indique bien une rame dorsale; en outre, l'existence de petits acicules courbes et d'un système musculaire spécial y montre bien les différentes parties d'une rame, quoique peu développée.

» On rencontre cette disposition :

» 1° Chez les *Syllidés* à génération alternante, dans leurs formes sexuées (G. *Syllis, Trypanosyllis, Eurysellis, Opisthosyllis*);

» 2° Chez les *Syllidés* et *Exogonés* à génération directe qui acquièrent des soies natatoires sur une partie de leurs segments (G. *Eusyllis, Odontosyllis, Exogone, Grubea*, etc.);

» 3° Chez les *Autolytés,* bien que les formes sexuées soient pourvues de soies natatoires et, par conséquent, de rame dorsale, ce maximum de complexité n'est pas atteint, le pied étant ainsi représenté :

rame ventrale + cirre dorsal + rame dorsale.

» Cela tient à ce que le cirre ventral est complètement absent dans ce groupe.

» II. La composition du parapode la plus répandue chez les Syllidiens est la suivante :

rame ventrale + cirre dorsal + cirre ventral.

» C'est celle de tous les *Exogonés* et de tous les *Syllidés* à génération directe, ainsi que des souches de *Syllidés* à génération alternante. Quelquefois la rame ventrale est suffisamment développée pour qu'on puisse y distinguer trois lèvres : supérieure, moyenne et inférieure (Marenzeller).

» III. Une réduction plus considérable a lieu chez les *Autolytés;* le parapode des souches est réduit chez les *Autolytus*, *Virchowia* et *Myrianida* à

rame ventrale + cirre dorsal.

» IV. Enfin comme dernier terme, dans le genre *Procerastea,* le pied est des plus rudimentaires et est réduit à un simple mamelon ventral, qui déborde à peine et d'où émergent les soies.

» Ce genre présente pourtant, au moment de la reproduction, une série de complications dues à un développement tardif des pieds dans les formes sexuées. En effet, celles-ci acquièrent, comme je l'ai montré dans une Note précédente, des segments à soies natatoires (rame dorsale), à cirres dorsaux bien développés, tandis que le mamelon pédieux primitif (rame ventrale) est considérablement développé. On observe même, dans les différentes régions du corps de ces formes sexuées, les différents stades de la rétrogradation :

Région moyenne....	Rame ventrale + cirre dorsal + rame dorsale.
» antérieure ..	Rame ventrale + cirre dorsal.
» postérieure..	Rame ventrale seulement.

» D'un autre côté, l'étude de la formation des nouveaux anneaux, dans le bourgeonnement, montre que l'ordre d'apparition des différentes parties du parapode est la suivante : 1° la rame ventrale caractérisée par un petit mamelon où pénètrent les soies très fines et l'acicule; 2° un petit mamelon supérieur représentant le cirre dorsal; 3° le cirre ventral naissant aux dépens du petit mamelon ventral, et 4°, beaucoup plus tard chez les *Syllidés* et les *Exogonés*, plus tôt chez les *Autolytés* à bourgeonnement, le groupe des soies natatoires ou rame dorsale.

» Ces différentes phases du développement ont donc leur correspondance au point de vue morphologique dans les différents genres des Syllidiens. Le Tableau suivant résume ces faits :

	Ordre d'apparition.	Syllidiens qui présentent les stades correspondants.
a.	Rame ventrale..	*Procerastea* (souche).
b.	+ Cirre dorsal..........................	*Autolytés* (souches). (ex. Procerastea).
c.	+ Cirre ventral............	*Syllidés* et *Exogonés* (souches).
d.	+ Rame dorsale.	*Syllidés* et *Exogonés* (formes sexuées).

» Chez les *Autolytés*, le troisième stade étant supprimé, l'ordre de rétrogradation ne comprend que les trois termes *d*, *b*, *a*.

» La comparaison de la morphologie et du développement des parapodes montre, par conséquent, que les phénomènes de rétrogradation des parties constituantes du parapode des Syllidiens suivent l'ordre inverse de leur apparition embryogénique.

» Ces faits confirment les idées professées par M. P. Hallez, à savoir que, dans le développement d'un organe frappé de rétrogradation, ledit organe parcourt un nombre de stades de plus en plus restreint, de telle sorte que, si, pour arriver à son complet développement, il doit passer successivement par les stades *a*, *b*, *c*, *d*, il ne présente plus, à mesure qu'il rétrograde, que des états correspondant successivement au stade *c*, puis au stade *b*, puis enfin au stade *a*, terme ultime de la rétrogradation qui persiste comme organe rudimentaire. »

A 4 heures un quart, l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 4 heures et demie. J. B.

ERRATA.

(Séance du 19 mai 1891.)

Note de M. *Hinrichs*, Calcul des températures de fusion et d'ébullition des paraffines normales.

Page 1129, ligne 17, *au lieu de* 160°, *lisez* —160°.
» 1130, ligne 19, colonne 4, *au lieu de* 303,4, *lisez* 302.